Die Eisverhältnisse in den südbayerischen Seen.

Von der

K. Technischen Hochschule zu München

zur Erlangung der Würde eines

Doktors der Technischen Wissenschaften

genehmigte Dissertation.

Vorgelegt von

Hans Herpich,
Regierungsbaumeister.

Referent:
Prof. Dr. Siegmund Günther.

Korreferent:
Prof. Dr. Hermann Ebert.

Die Eisverhältnisse in den südbayerischen Seen.

Von der

K. Technischen Hochschule zu München

zur Erlangung der Würde eines

Doktors der Technischen Wissenschaften

ACAD. LUDWIG MAX. BIBL.

genehmigte Dissertation.

Vorgelegt von

Hans Herpich,

Regierungsbaumeister.

Referent:
Prof. Dr. Siegmund Günther.

Korreferent:
Prof. Dr. Hermann Ebert.

Inhaltsverzeichnis.

		Seite
I.	Einleitung	1
II.	Zusammenstellung des Beobachtungsmaterials	5
III.	Wärmeschwankungen im Seebecken, ihre Ursachen und Wirkungen	38
IV.	Untersuchung der den Vereisungsgang wesentlich beeinflussenden Faktoren	52
V.	Die Eisdecke	76
VI.	Untersuchung der Äquiglacialen und Schlußbemerkungen	84

Meiner lieben Mutter!

Zunächst sei es mir gestattet meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. S. Günther für seine überaus schätzenswerten Anregungen sowie für das dauernde, rege Interesse am Entstehen der vorliegenden Dissertation meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Außerdem bitte ich Herrn Professor Dr. H. Ebert für seine Bemühungen um den physikalischen Teil sowie Herrn Ministerialrat Hensel, auf dessen Anregung die Arbeit entstand, für die bereitwillige Überlassung der vom K. b. Hydrotechnischen Bureau gesammelten Beobachtungsmaterialien meinen besten Dank entgegennehmen zu wollen.

I. Einleitung.

Der anmutige Kranz der teils in die Alpen eingebetteten, teils diesen vorgelagerten südbayerischen Seen war bereits des öfteren Gegenstand eingehender Untersuchungen, und fast jedes der größeren Becken hat Freunde gefunden, die sich seiner speziellen Erforschung widmeten. Wenn wir hier nur die Veröffentlichungen neueren Datums ins Auge fassen, so begegnen wir Bayberger[1]) als Schilderer des Chiemsees, während Ule[2]) den Würm- und Ammersee zum Gegenstand eingehender Untersuchungen machte. Von Breu[3]) wurden limnologische Studien über den Kochel- und Tegernsee veröffentlicht, auch die Untersuchungen des „Vereins für Geschichte des Bodensees" dürfen wohl als teilweise in unser Gebiet eingreifend erwähnt werden. Im Zusammenhange hat zum ersten Male Geistbeck[4]) eine größere Anzahl der unserer Betrachtung zugrunde liegenden Seen behandelt und auch ihren Eisverhältnissen etwas eingehendere Würdigung angedeihen lassen als dies bei den vorerwähnten Arbeiten der Fall ist, die meist mit kurzen Bemerkungen über diese Frage hinweggehen.

Während also für das uns interessierende Gebiet nach obigem spezielle Untersuchungen über Eisverhältnisse bis heute noch nicht vorliegen, kann aus den angrenzenden Alpenländern bereits von eingehenden hierauf bezüglichen Forschungen berichtet

---

[1]) Bayberger: Der Chiemsee. Mitteil. d. Ver. für Erdkunde. Leipzig 1888.

[2]) Ule: Der Würmsee. Leipzig 1901 — desgl. der Ammersee.

[3]) Breu: Der Kochelsee. Berichte des naturwissensch. Ver. zu Regensburg. Heft X. Desgl. der Tegernsee.

[4]) Geistbeck: Die Seen der deutschen Alpen. Mitteil. d. Ver. für Erdkunde. Leipzig 1884.

werden. Bis zum Erscheinen der Abhandlungen Müllners[1]) bildeten Richters[2]) Arbeiten die einzige zusammenfassende Darstellung über die Vereisung der österreichischen Alpenseen, während sich bereits Simony[3]) mit den Seeen des Salzkammergutes befaßte. Auch der Traun-[4]), Caldonazzo-, Levico-[5]), Zeller-[6]) und Wörthersee[7]) wurden in diesem Sinne speziell untersucht; doch waren Simonys, sowie die letzterwähnten Arbeiten dem Verfasser leider nicht zugänglich. Beobachtungen der Wassertemperatur vor der Vereisung werden von Schuh[8]) mitgeteilt, während v. Cholnoky[9]) in allerjüngster Zeit die Eisverhältnisse des Plattensees eingehend geschildert hat.

Von Schweizer Forschern ist neben Arnet[10]) vor allem Forel[11]) zu nennen, dessen Tätigkeit nicht nur auf dem

---

[1]) Müllner: Die Vereisung der österr. Alpenseen in den Wintern 1894/95 bis 1900/01. Pencks geogr. Abhandl. B VII. H. 2. Leipzig 1903. — Die Seen von Reschenscheideck. Ebda. B VII. H. 1. Wien 1900.

[2]) Richter: Die Temperaturverhältnisse der Alpenseen. Vhdlg. des 9. deutschen Geographentages. — Seestudien. Pencks geogr. Abh. B VI. H. 2. Wien 1897.

[3]) Simony: Die Seen des Salzkammergutes. S. A. W. W. m. n. Kl. 1850.

[4]) Koch: Die Temperaturbewegungen des Gmundener- oder Traunsees und Traunabflusses im Winter 1894/95. Mitt. d. k. k. geogr. Ges. Wien XXXVIII.

[5]) Damian: Petermanns Mitteilungen 1892.

[6]) Schjerning: Zeitschr. d. Ges. für Erdkunde. Berlin XXVIII. 1893.

[7]) Seeland: Temperatur- u. Eisverhältnisse des Wörthersees. Meteor. Zeitschr. 1892.

[8]) Schuh: Das Gefrieren der Seen. Petermanns Mitteil. 1901.

[9]) v. Cholnoky: Das Eis des Balatonsees; „Resultate der wissensch. Erforschung des Balatonsees". I. Band 5. Teil IV. Sektion. Budapest 1909.

[10]) Arnet: Das Gefrieren der Seen in der Zentralschweiz. Mitt. d. naturforsch. Ges. in Luzern 1897.

[11]) Forel: a) La température des lacs gelés. Compt. rend. hebd. Acad. Sc. XC. 1880.

b) La congélation des lacs Suisses et Savoyards pendant l'hiver 1879/80. „Echo des Alpes" XVI. Genève 1880.

c) La congélation des lacs Suisses et Savoyards dans l'hiver 1891. Arch. des sciences phys. et nat. (3) XXVII. Genève 1892.

Gebiete der lokalen Forschung, sondern auch der rein wissenschaftlichen Untersuchung eine überaus fruchtbare ist.

Außerdem ist hier noch je eine französische und russische Veröffentlichung zu erwähnen: „Les lacs français" von Delebecque[1]) und Rijkatschews[2]) Abhandlung: „Über den Auf- und Zugang der Gewässer des russischen Reiches", wohl bezüglich der verarbeiteten Beobachtungsmaterialien die umfangreichste aller vorliegenden Arbeiten. Von den bis jetzt genannten Untersuchungen ist letztere auch die einzige, die sich mit der Konstruktion von Kurven gleichen Vereisungsbeginnes (Isopektiken), gleicher Tauzeit (Isotaken) und gleicher Vereisungsdauer (Isopagen) befaßt und sich hiermit an die verhältnismäßig zahlreichen schwedischen Abhandlungen dieser Art anschließt.

Diese selben Kurven finden wir nämlich bei Hildebrandsson[3]) und Cronvall[4]), während die von Hildebrandsson und Rundlund[5]) gemeinsam verfaßte Abhandlung: „Prise et débâcle des lacs en Suède, automne 1871 — printemps 1877" lediglich Kurven gleicher Vereisungsdauer enthält. Axel Heinrichs[6]) befaßt sich zwar hauptsächlich mit den Schneeverhältnissen Finlands, führt aber auch Daten an über Beginn und Ende der Vereisung an den stehenden und fließenden finnischen Gewässern, sowie der Meeresküste.

---

d) Le Léman II. 1895.

e) Quelques études sur les lacs de Joux. Bull. soc. vaud. Sc. nat. XXXIII. 1897.

f) Les flacques d'eau libre dans la glace des lacs gelés. Ebda. XXXIV. 1898.

g) Handbuch der Seenkunde. Stuttgart 1901.

[1]) Delebecque: Les lacs français. Paris 1898.

[2]) Rijkatschew: Über den Auf- und Zugang der Gewässer des russischen Reiches. St. Petersburg 1887.

[3]) Hildebrandsson: Isförhållandena i Sverige vintern 1870—71. Upsala universitets årsskrift 1872.

[4]) Cronvall: Is förhållandena i Sverige under vintrarna 1871—72 och 1872—73 Akademisk doctor-afhandling. Upsala 1875.

[5]) Hildebrandsson, Rundlund: „Prise et débacle des lacs en Suède automne 1871—printemps 1877. Upsala 1879.

[6]) Heinrichs: Snö-och isförhållandena i Finland vintern 1891—92. Akademisk doctorafhandling. Helsingfors 1893.

Als umfangreichste und erschöpfendste Arbeit ist endlich noch die in Beantwortung einer Preisaufgabe der Universität Christiania entstandene Abhandlung von A. Holmsen[1]): „Isforholdene ved de norske indsjøer" zu nennen, an deren Aufbau sich auch die vorliegende Untersuchung im allgemeinen anlehnt.

Schließlich sei noch zweier kürzeren Betrachtungen von J. Buchanan[2]) und M. Wedderburn[3]) gedacht, die sich mit den Temperaturerscheinungen schottischer Seen zur Zeit der Vereisung befassen.

Vorliegende Abhandlung verdankt ihre Entstehung dem Wunsche der Leitung des Kgl. bayrischen hydrotechnischen Bureaus, das seit einigen Jahren angefallene Beobachtungsmaterial über die Eisverhältnisse unserer südbayerischen Seen einer kritischen, von wissenschaftlichen Gesichtspunkten geleiteten Untersuchung unterzogen zu sehen. Seit dem Winter 1904/05 versendet nämlich genannte Behörde an sämtliche Gemeindeverwaltungen, in deren Gebieten die einzelnen Seen verstreut liegen, Fragebogen, in denen um Aufschlüsse besonders über Werden und Vergehen der Eisdecke gebeten wird, und da die Beantwortung dieser Sendschreiben größtenteils in den Händen freiwilliger, nicht speziell naturwissenschaftlich vorgebildeter Beobachter liegt, erscheint der Wunsch bereits nach dem verhältnismäßig kurzen und für genaue Resultate wenig genügenden Zeitraum von fünf Jahren einen Überblick über die gesammelten Materialien zu erhalten, ziemlich naheliegend. Im allgemeinen werden ja alle gewünschten Aufschlüsse mit größtem Entgegenkommen und scheinbar regem Interesse nach bestem Wissen erteilt, doch fehlt es leider auch nicht an gegenteiligen Ausnahmen, wodurch natürlich bei der Bearbeitung sich sehr unangenehm bemerkbar machende Lücken entstehen müssen, deren Vorhandensein unter Umständen nicht nur Ungenauigkeiten der Ergebnisse, sondern geradezu Unrichtigkeiten verursachen kann. Es sei deshalb bereits an dieser Stelle

[1]) Holmsen: Isforholdene ved de norske indsjøer. Christiania 1903.

[2]) Buchanan: On the freezing of lakes. Nature XIX. London 1879.

[3]) Wedderburn: The freezing of fresh-waterlakes: Journal of Scottish Meteorological Society. 1908.

ausdrücklich erwähnt, daß die im folgenden entwickelten Ergebnisse durchaus keinen Anspruch darauf erheben als ein vollständig abgeschlossenes Bild der so überaus mannigfachen Vorgänge und Erscheinungen beim Vereisen und Auftauen unserer Seen betrachtet zu werden, vielmehr noch manche Ergänzung durch eine auf eine weitere Reihe von Jahren auszudehnende Beobachtung wünschenswert erscheinen lassen.

II. Zusammenstellung des Beobachtungsmaterials.

Es seien nun zunächst die aus den Fragebogen ersichtlichen Daten in tabellarischer Form zusammengestellt, wobei zur Erleichterung der Ortsbestimmung jedem einzelnen See oder Weiher der Name der Gemeinde, innerhalb deren Grenzen er sich befindet, beigesetzt wurde. Eine Orientierung der Seen nach geographischer Länge und Breite, wie sie in anderen derartigen Abhandlungen wohl angewendet wurde, erschien bei der relativ geringen Ausdehnung des in Frage kommenden Gebietes nicht zweckmäßig, umsomehr als ja jedem mit der Karte des südlichen Oberbayern und Schwaben einigermaßen vertrauten Beobachter die Feststellung der bezüglichen Lage an Hand der vorerwähnten näheren Bestimmung unschwer gelingen dürfte.

Die Reihenfolge der Seen entspricht der vom Kgl. hydrotechnischen Bureau angewendeten und in einem Verzeichnis festgelegten Numerierung. In den der Namens- und Ortsangabe folgenden Abteilungen finden sich die in den fünf Wintern 1904/05 mit 1908/09 beobachteten Daten, so zwar, daß je in der ersten Spalte jeden Jahres der Zeitpunkt der ersten Eisbildung angeführt wird; die zweite Spalte nennt den Tag, an dem der See zum ersten Male mit einer völligen, geschlossenen Eisdecke überzogen war, und endlich die dritte Spalte gibt den Termin an, an dem die letzte Eisbildung des Jahres beobachtet wurde. Sprünge in der Numerierung sind dadurch bedingt, daß von einzelnen Seen gar keine oder nur ganz unvollständige Beobachtungen vorlagen, somit eine Behandlung ausgeschlossen erschien. Außerdem wurden die größeren Seen wie Chiemsee, Würmsee usw. ausgeschieden, um ebenso wie die Hochseen getrennt behandelt zu werden.

Zusammenstellung der

			1904/05			1905/06		
			erste	völlige	letzte	erste	völlige	letzte
			Vereisung			Vereisung		
1	Elbsee	Aitrang	17. XI.	26. XI.	31. III.	20. XI.	20. XI.	25. III.
2	Friedlsee	Amerang	1. I.	2. I.	17. III.	27. XI.	3. XII.	14. III.
3	Eichendorfersee	Arnried	—	—	—	4. XII.	1. I.	10. III.
	Goppeltsriedersee	,,	—	1. I.	21. III.	4. XII.	1. I.	14. III.
4	Eßsee	Aschering	25. XI.	1. XII.	25. III.	—	—	—
5	Leitgeringersee	Asten	2. I.	2. I.	13. III.	—	—	—
6	Kesselsee	Attel	27. XI.	27. XI.	17. III.	11. XII.	18. XII.	15. III.
	Staudhammersee	,,	27. XI.	27. XI.	15. III.	11. XII.	18. XII.	12. III.
8	Eiselfingersee	Bachmehring	—	—	—	18. XII.	19. XII.	30. III.
9	Untersoienersee	Bayersoien	10. XII.	12. XII.	3. IV.	1. XII.	11. XII.	5. III.
10	Höllsee	Benediktbeuren	15. XII.	16. XII.	10. III.	20. XII.	23. XII.	5. III.
11	Haslachersse	Bernbeuern	20. XI.	21. XI.	29. III.	8. XII.	8. XII.	18. III.
	Kinseggersee	,,	—	—	—	15. XII.	26. XII.	16. III.
12	Neusee	Bernried	19. XI.	27. XI.	23. III.	12. XII.	16. XII.	18. III.
	Auweiher	,	19. XI.	27. XI.	23. III.	10. XII.	16. XII.	18. III.
	Chiemsee	,,	trocken gelegt.			9. XII.	12. XII.	18. III.
	Schörgenweiher	,,	—	—	—	—	—	—
16	Wörthsee	Buch	5. I.	7. I.	10. III.	—	—	—
17	Hergratsriedersee	Buching	30. XI.	1. I.	5. IV.	15. XI.	15. XI.	12. IV.
18	Alpsee	Bühl	21. XII.	25. XII.	4. IV.	16. XII.	20. XII.	8. IV.
	Teufelssee	,,	1. XII.	1. XII.	5. IV.	21. XI.	21. XI.	8. IV.
19	Pfeffersee	Chieming	28. XI.	29. XI.	17. III.	15. XII.	18. XII.	13. III.
22	Haarsee	Deutenhausen	15. XII.	1. I.	27. III.	12. XII.	16. XII.	14. III.
	Mittellacke	,,	30. XII.	1. I.	18. III.	13. XII.	16. XII.	12. III.
	Rothsee	,,	15. XII.	1. I.	21. III.	12. XII.	15. XII.	13. III.
24	Stadlerweiher	Eberfing	—	—	—	—	—	—
25	Eggelburgersee	Ebersberg	—	—	—	—	—	—
27	Schweineggersee	Eisenberg	—	—	—	12. XII.	14. XII.	1. IV.
30	Emmingerweiher	Eresing	—	—	—	8. XII.	8. XII.	5. IV.
31	Hopfensee	Eschach	20. XII.	26. XII.	4. IV.	11. XII.	23. XII.	5. IV.
32	Schwarzsee	Eschenlohe	—	—	—	10. XII.	15. XII.	18. III.
35	Obersee	Faulenbach	15. XI.	20. XI.	12. IV.	15. X.	1. XII.	15. IV.
37	Klepperfilzsee	Fronreiten	14. XI.	17. XI.	—	27. X.	17. XI.	3. IV.
38	Pflegersee	Garmisch	2. XII.	5. XII.	2. IV.	—	—	—
	Rissersee	,,	24. XI.	29. XI.	4. IV.	23. XI.	28. XI.	9. IV.
39	Kastenseeonersee	Glonn b./M.	—	—	—	27. XI.	27. XI.	18. III.
41	Eichsee	Großweil	1. XII.	24. XII.	15. III.	15. XII.	3. I.	16. III.
43	Eglsee	Hagenheim	—	—	—	28. XII.	3. I.	28. II.
45	Haidsee	Haid	1. XII.	1. XII.	26. III.	10. XI.	10. XI.	27. III.
46	Hackensee	Hartpenning	15. XII.	2. I.	19. IV.	27. X.	20. XII.	25. IV.

fünfjährigen Beobachtungen. Tabelle I.

1906/07			1907/08			1908/09		
erste	völlige	letzte	erste	völlige	letzte	erste	völlige	letzte
Vereisung			Vereisung			Vereisung		
—	—	—	16. XI.	16. XI.	9. IV.	2. XI.	14. XI.	10. IV.
16. XII.	18. XII.	3. IV.	—	—	—	10. XII.	12. XII.	—
14. XII.	16. XII.	28. III.	12. XII.	21. XII.	14. III.	trocken gelegt		
14. XII.	14. XII.	30. III.	12. XII.	21. XII.	14. III.	26. XI.	26. XI.	6. III
24. XI.	30. XI.	1. IV.	1. XII.	5. XII.	1. IV.	—	—	—
18. XII.	24. XII.	23. III.	—	—	—	27. XII.	31. XII.	—
14. XII.	15. XII.	1. IV.	16. XII.	21. XII.	17. III.	25. XI.	26. XI.	31. III.
14. XII.	15. XII.	1. IV.	16. XII.	20. XII.	12. III.	26. XI.	26. XI.	30. III.
—	—	—	24. XI.	24. XI.	28. II.	—	—	—
20. XI.	24. XI.	28. III.	—	10. XII.	4. IV.	17. XI.	20. XI.	3. IV.
15. XII.	15. XII.	4. IV.	17. XII.	17. XII.	28. III.	5. XII.	8. XII.	10. III.
5. XII.	5. XII.	8. IV.	3. XII.	6. XII.	31. III.	9. XI.	26. XI.	9. IV.
18. XII.	1. I.	20. IV.	1. I.	10. I.	20. II.	2. XII.	7. XII.	—
10. XII.	12. XII.	1. IV.	22. XI.	25. XI.	30. III.	23. XII.	23. XII.	27. III.
10. XII.	12. XII.	1. IV.	22. XI.	25. XI.	30. III.	23. XII.	23. XII.	27. III.
9. XII.	12. XII.	30. III.	21. XI.	24. XI.	28. III.	trocken gelegt.		
30. XI.	9. XII.	24. III.	—	—	—	28. XI.	29. XI.	30. III.
—	—	—	—	—	—	5. XII.	28. I.	10. IV.
1. XII.	6. XII.	15. IV.	15. XI.	18. XI.	16. IV.	1. XII.	1. XII.	7. IV.
21. XII.	22. XII.	19. IV.	27. XII.	2. I.	17. IV.	23. XII.	24. XII.	12. IV.
16. XI.	16. XI.	21. IV.	25. XI.	25. XI.	13. IV.	—	—	—
8. XII.	9. XII.	3. IV.	17. XII.	19. XII.	20. III.	8. XII.	20. XII.	20. III.
—	—	—	20. XII.	20. XII.	29. III.	1. XII.	1. XII.	—
—	—	—	15. XII.	20. XII.	24. III.	1. XII.	1. XII.	—
—	—	—	15. XII.	18. XII.	29. III.	1. XII.	1. XII.	—
15. XII.	26. XII.	3. IV.	5. XII.	18. XII.	29. III.	12. XII.	25. XII.	—
1. I.	21. I.	6. III.	—	—	—	6. XII.	15. XII.	28 III.
15. XII.	18. XII.	10. IV.	16. XII.	18. XII.	20. IV.	9. XI.	29. XI.	—
—	—	—	25. XI.	30. XI.	23. III.	24. XII.	26. XII.	27. III.
1. XII.	6. XII.	14. IV.	16. XII.	18. XII.	15. IV.	25. XI.	5. XII.	10. IV.
13. XII.	18. XII.	27. III.	—	—	—	—	—	—
14. XI.	1. XII.	20. IV.	23. XI.	6. XII.	20. IV.	30. XI.	30. XI.	11. IV.
8. XII.	8. XII.	14. IV.	5. XII.	5. XII.	23. IV.	7. XI.	7. XI.	10. IV.
4. XII.	10. XII.	4. IV.	21. XI.	3. XII.	—	—	—	—
16. XII.	19. XII.	28. III.	—	—	—	14. XI.	14. XI.	26. III.
7. XII.	12. XII.	3. IV.	23. XII.	26. XII.	21. III.	20. X.	22. X.	27. III.
6. XII.	8. XII.	16. V.	14. XII.	23. XII.	29. III.	24. XI.	28. XI.	28. III.
1. XII.	16. XII.	30. III.	27. XI.	20. XII.	12. III.	1. XII.	1. XII.	27. III.
15. XII.	15. XII.	5. IV.	—	—	15. III.	—	—	—
20. XI.	26. XII.	29. IV.	2. XII.	16. XII.	17. IV.	28. XI.	3. XII.	—

			1904/05			1905/06		
			erste	völlige	letzte	erste	völlige	letzte
			Vereisung			Vereisung		
47	Moosbergsee	Hechendorf	26. XI.	26. XI.	16. II.	28. XII.	2. I.	—
48	Blassee	Hemhof	—	—	19. III.	3. XII.	6. XII.	18. III
	Thalersee	,,	1. XII.	18. XII.	12. III.	21. XI.	—	—
	Pölhammersee	,,	1. I.	1. I.	15. III.	6. XII.	26. XII.	17. III.
	Schloßsee	,,	15. XII.	25. XII.	16. III.	6. XII.	25. XII.	18. III.
	Kautsee	,,	—	—	19. III.	3. XII.	6. XII.	18. III.
	Kesselsee	,,	—	—	19. III.	3. XII.	6. XII.	18. III.
50	Seehammersee	Holzolling	18. XII.	26. XII.	24. III.	6. XII.	28. XII.	15. III.
51	Fohnsee	Iffeldorf	1. I.	2. I.	19. III.	—	—	—
	Staltachersee	,,	19. XII.	22. XII.	19. III.	—	—	—
	Ostersee	,,	1. I.	2. I.	19. III.	—	—	—
52	Kleinsee	Immenstadt	11. XII.	15. XII.	18. III.	13. XII.	24. XII.	18. III.
54	Hubersee	St. Johannisrain	15. XII.	—	1. IV.	2. XII.	1. I.	—
	Kirnbergersee	,,	—	—	—	2. XII.	1. I.	—
	Stocksee	,,	trocken gelegt.			3. XII.	1. I.	9. III.
55	Listsee	Karlstein	30. XII.	15. I.	1. III.	23. I.	30. I.	5. IV.
	Thumsee	Karlstein	15. XII.	1. I.	8. IV.	23. XII.	25. XII.	12. III.
58	Kochelsee	Kochel	1. I.	25. I.	12. III.	22. XII.	25. I.	8. III.
60	Barmsee	Krünn	22. XII.	1. I.	15. III.	23. XII.	23. XII.	13. IV.
63	Bernriederweiher	Magnetsried	—	—	—	1. XII.	3. XII.	6. III.
	Nußbergerweiher	,,	2. I.	7. I.	15. III.	3. XII.	5. XII.	—
	Hapbergerweiher	,,	—	—	—	1. XII.	3. XII.	3. III.
	Beatsee	,,	—	—	—	5. XII.	6. XII.	3. III.
64	Maisingersee	Maising	1. XII.	25. XII.	27. III.	—	—	—
65	Bachtelweiher	Kempten	25. XI.	30. XI.	26. III.	8. XII.	11. XII.	15. III.
66	Niedersonthofner	Martinsgrün	25. XII.	28. XII.	30. III.	18. XII.	3. I.	12. III.
	Oberer Inselsee	,,	25. XII.	28. XII.	30. III.	15. XII.	18. XII.	12. III.
	Mittlerer Inselsee	,,	25. XII.	28. XII.	30. III.	15. XII.	18. XII.	9. III.
	Unterer Inselsee	,,	25. XII.	28. XII.	30. III.	12. XII.	18. XII.	9. III.
	Widdumerweiher	,,	20. XII.	25. XII.	30. III	10. XII.	12. XII.	17. III.
68	Schwarzbergw.	Mittelberg	15. XII.	15. XII.	9. IV.	—	—	—
70	Mooshammerw.	Moosham	—	—	—	—	—	—
71	Litzelsee	Moosach b/Gr.	24. XII.	1. I.	9. III.	14. XII.	16. XII.	11. III.
	Steinsee	,,	24. XII.	1. I.	30. III.	—	—	—
72	Buchsee	Münsing	22. XI.	24. XI.	25. III.	26. XI.	28. XI.	22. III.
	Bichlersee	Niederaudorf	2. XII.	8. XII.	15. IV.	14. XI.	16. XI.	14. IV
73	Pilsensee	Oberalting	11. I.	15. III.	27. III.	14. XII.	19. I.	27. III.
75	Stallauerweiher	Oberfischbach	3. XII.	12. XII.	29. III.	3. XII.	7. XII.	8. IV.
76	Eibsee	Obergrainau	15. XII.	17. XII.	—	—	—	—
	Untersee	,,	12. XII.	15. XII.	15. IV.	—	—	—

1906/07			1907/08			1908/09		
erste Vereisung	völlige Vereisung	letzte Vereisung	erste Vereisung	völlige Vereisung	letzte Vereisung	erste Vereisung	völlige Vereisung	letzte Vereisung
16. XII.	—	1. III.	—	—	—	2. I.	—	30. III.
10. XII.	12. XII.	—	24. XII.	26. XII.	24. III.	25. XI.	30. XI.	6. IV.
16. XII.	19. XII.	23. III.	16. XII.	1. I.	15. III.	11. XI.	—	29. III.
—	—	19. III.	27. XII.	27. XII.	27. III.	30. XI.	30. XII.	8. IV.
14. XII.	17. XII.	2. IV.	—	—	—	5. XII.	15. XII.	31. III.
10. XII.	12. XII.	20. III.	24. XII.	26. XII.	25. III.	25. XI.	30. XI.	6. IV.
10. XII.	12. XII.	19. III.	24. XII.	26. XII.	25. III.	25. XI.	30. XI.	12. IV.
22. XII.	25. XII.	6. IV.	10. XII.	22. XII.	15. III.	27. XI.	30. XI.	8. IV.
—	—	—	15. XII.	1. I.	25. III.	20. XII.	24. XII.	—
—	—	—	15. XII.	1. I.	25. III.	28. XI.	1. XII.	—
—	—	—	15. XII.	1. I.	30. III.	18. XI.	22. XII.	—
16. XII.	17. XII.	23. III.	27. XII.	1. I.	17. IV.	21. XII.	23. XII.	4. IV.
1. XII.	15. XII.	3. IV.	2. I.	5. I.	20. III.	3. XII.	—	—
1. XII.	15. XII.	3. IV.	2. I.	5. I.	20. III.	3. XII.	—	—
1. XII.	15. XII.	3. IV.	2. I.	5. I.	20. III.	3. XII.	—	—
10. XII.	22. XII.	30. III.	30. XII.	10. I.	7. III.	28. XII.	—	2. IV.
19. XII.	22. XII.	18. III.	22. XII.	24. XII.	19. III.	23. XII.	—	21. III.
4. I.	23. I.	1. IV.	6. I.	19. I.	1. IV.	1. I.	—	—
20. XII.	22. XII.	4. V.	12. XII.	19. XII.	25. IV.	19. XII.	—	12. IV.
3. XII.	14. XII.	1. III.	—	—	—	—	—	—
8. XII.	16. XII.	3. III.	—	—	—	—	—	—
5. XII.	12. XII.	4. III.	—	—	—	—	—	—
28. XI.	17. XII.	26. II.	—	—	—	—	—	—
11. XII.	27. XII.	11. IV.	—	—	—	6. XII.	11. XII.	8. IV.
29. XI.	2. XII.	6. IV.	15. XII.	17. XII.	1. IV.	3. XII.	22. XII.	3. IV.
12. XII.	20. XII.	8. IV.	19. XII.	23. XII.	9. IV.	—	—	10. IV.
12. XII.	20. XII.	8. IV.	19. XII.	23. XII.	11. IV.	—	—	4. IV.
12. XII.	20. XII.	8. IV.	19. XII.	22. XII.	8. IV.	29. XI.	—	1. IV.
12. XII.	20. XII.	7. IV.	19. XII.	22. XII.	6. IV.	29. XI.	—	30. III.
6. XII.	6. XII.	—	14. XII.	20. XII.	6. IV.	25. XI.	28. XI.	5. IV.
15. XI.	15. XI.	14. IV.	30. XI.	1. XII.	1. IV.	28. XI.	28. XI.	8. IV.
16. XII.	24. XII.	18. III.	10. XII.	23. XII.	20. III.	3. XII.	6. XII.	1. III.
10. XII.	10. XII.	17. III.	—	—	—	20. XII.	20. XII.	20. III.
—	—	—	—	—	—	20. XII.	20. XII.	24. III.
10. XII.	11. XII.	3. IV.	12. XII.	15. XII.	29. III.	10. XI.	10. XI.	24. III.
9. XI.	5. XII.	5. V.	9. XII.	15. XII.	20. IV.	20. XI.	—	20. IV.
25. XI.	30. XII.	20. III.	20. XII.	3. I.	25. III.	18. XII.	—	26. III.
1. XII.	8. XII.	14. IV.	1. XII.	10. XII.	11. IV.	22. XI.	2. XII.	9. IV.
19. XII.	22. XII.	25. IV.	25. XII.	29. XII	29. V.	28. XI.	—	—
19. XII.	22. XII.	25. IV.	25. XII.	29. XII.	28. V.	28. XI.	—	—

			1904/05			1905/06		
			erste	völlige	letzte	erste	völlige	letzte
			Vereisung			Vereisung		
76	Frillensee	Obergrainau	1. XII.	—	19. IV.	—	—	—
	Rosensee	,,	4. XII.	26. XII.	17. III.	21. XI.	16. XII.	29. III.
77	Tüttensee	Grabenstätt	21. XII.	25. XII.	25. III.	—	—	—
78	Söchersee	Obersöchering	—	—	—	22. XII.	15. I.	7. III.
	Badsee	,,	25. XI.	30. XI.	23. III.	11. XII.	15. XII.	14. III.
78	Schönchensee	,,	—	—	—	22. XII.	15. I.	7. III.
	Ickenbühlsee	,,	—	—	—	30. XII.	15. I.	15. III.
	Die Lache	,,	—	—	—	30. XII.	15. I.	15. III.
80	Egelsee	Oberwessen	9. XI.	15. XII.	3. IV.	20. XI.	25. XII.	14. IV.
81	Brunnensee	Obing	8. I.	12. I.	14. III.	27. XII.	—	24. II.
	Griessee	,,	1. XII.	3. XII.	22. III.	5. XII.	10. XII.	25. III.
	Taubensee	,,	11. XII.	12. XII.	21. III.	5. XII.	7. XII.	22. III.
	Obingersee	,,	11. XII.	15. XII.	18. III.	5. XII.	6. XII.	16. III.
82	Haarsee	Ohlstadt	—	—	—	18. XII.	3. I.	—
85	Penzingersee	Penzing	8. XII.	2. I.	17. III.	13. XII.	15. XII.	12. III.
86	Winkelsee	Pittenhart	1. XII.	1. XII.	15. II.	4. XII.	6. XII.	7. III.
	Eschenauersee	,,	1. XII.	1. XII.	15. II.	4. XII.	6. XII.	7. III.
88	Taubensee	Ramsau	30. X.	1. XI.	29. IV.	4. X.	1. XI.	20. III.
	Hintersee	,,	10 XI.	3. XII.	29. III.	28. X.	31. XII.	5. IV.
90	Faulensee	Rieden	3. XII.	4. XII.	25. III.	18. XI.	29. XI.	2. IV.
91	Tinningersee	Riedering	24. XI.	26. XI.	15. III.	—	—	—
92	Stettnersee	Rimsting	29. XI.	—	18. III.	8. XII.	12. XII.	18. III.
93	Weidsee	Pitting	2. I.	3. I.	12. III.	3. XII.	6. XII.	14. III.
94	Langenwaldersee	Roßhaupten	29. XI.	29. XI.	—	20. XI.	26. XI.	27. III.
	Huttlersee	,,	30. XI.	1. XII.	26. III.	20. XI.	27. XI.	26. III.
	Schmuttersee	,,	30. XI.	1. XII.	—	20. XI.	26. XI.	27. III.
95	Engelsriedersee	Rott b.Landsberg	11. XII.	16. XII.	10. III.	6. XII.	16. XII.	4. III.
96	Widrigsee	Rottach	1. XI.	1. XI.	6. IV.	15. X.	15. X.	15. IV.
97	Förchensee	Rottau	25. XI.	28. XI.	12. III.	26. XI.	29. XI.	18. II.
98	Schwaltenweiher	Batzengeschwend	15. XI.	10. XII.	3. IV.	26. XI.	14. XII.	16. IV.
	Neuweiher	,,	15. XI.	1. XII.	5. IV.	ausgetrocknet.		
99	Mittelsee	Ruhpolding	18. XI.	28. XI.	29. IV.	5. XI.	19. XI.	20. IV.
	Lödensee	,,	18. XI.	28. XI.	29. IV.	5. XI.	19. XI.	20. IV.
	Taubensee	,,	1. I.	10. I.	23. III.	—	—	—
	Froschsee	Ruhpolding	24. X.	24. XI.	16. IV.	—	—	—
100	Abtsdorfersee	Saaldorf	19. XII.	22. XII.	10. III.	19. XII.	20. XII.	9. III.
101	Kirchsee	Sachsenkam	9. XII.	15. XII.	4. IV.	9. XII.	10. XII.	4. IV.
104	Karpfsee	Schlehdorf	1. XII.	1. XII.	30. III.	14. XII.	15. XII.	20. III.
105	Schliersee	Schliersee	22. XII.	2. I.	28. III.	1. XII.	25. I.	12. IV.
106	Scheibelsee	Schnaitsee	16. XII.	2. I.	30. III.	15. XII.	15. XII.	18. III.

1906/07			1907/08			1908/09		
erste	völlige	letzte	erste	völlige	letzte	erste	völlige	letzte
Vereisung			Vereisung			Vereisung		
20. XI.	20. XI.	—	15. XI.	18. XI.	2. V.	15. XI.	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
26. XII.	26. XII.	19. III.	26. XII.	2. I.	17. III.	20. XII.	28. XII.	—
—	—	—	16. XII.	24. XII.	11. III.	29. XI.	2. XII.	15. III.
12. XII.	15. XII.	3. IV.	24. XII.	26. XII.	23. III.	29. XI.	3. XII.	15. III.
—	—	—	16. XII.	23. XII.	10. III.	29. XI.	2. XII.	15. III.
—	—	—	16. XII.	24. XII.	10. III.	29. XI.	2. XII.	15. III.
—	—	—	16. XII.	23. XII.	12. III.	29. XI.	2. XII.	17. III.
2. XII.	23. XII.	25. IV.	15. XI,	2. I.	2. IV.	30. X.	15. XI.	20. IV.
14. I.	6. II.	4. III.	—	—	—	—	—	—
20. XII.	20. XII.	7. IV.	—	—	—	—	—	—
19. XII.	19. XII.	10. IV.	—	—	—	—	—	—
18. XII.	20. XII.	5. IV.	—	—	—	—	—	—
15. XII.	22. XII.	—	17. XII.	15. I.	—	29. XII.	1. I.	—
20. XII.	21. XII.	8. IV.	18. XII.	20. XII.	9. III.	1. XI.	1. XI.	29. III.
4. XII.	23. XII.	19. III.	18. XII.	26. XII.	18. III.	28. XI.	28. XI.	26. III.
6. XII.	25. XII.	19. III.	20. XII.	28. XII.	17. III.	1. XII.	1. XII.	24. III.
5. XII.	10. XII.	30. IV.	14. XI.	25. XI.	1. V.	21. X.	2. XI.	—
27. XI.	14. XII.	8. IV.	16. XI.	17. XII.	31. III.	1. XI.	30. XI.	11. IV.
15. XII.	28. XII.	20. IV.	11. XI.	20. XII.	24. IV.	25. XI.	25. XI.	—
12. XII.	16. XII.	4. IV.	—	—	—	28. XI.	28. XI.	—
8. XII.	8. XII.	4. IV.	8. XII.	11. XII.	28. III.	11. XI.	28. XI.	31. III.
15. XII.	20. XII.	30. III.	—	—	—	9. XII.	15. XII.	1. IV.
13. XI.	7. XII.	6. IV.	2. XII.	5. XII.	4. IV.	24. XI.	24. XI.	8. IV.
14. XI.	7. XII.	4. IV.	2. XII.	8. XII.	30. III.	7. XI.	24. XI.	9. IV.
11. XI.	7. XII.	6. IV.	—	—	—	7. XI.	24. XI.	9. IV.
4. XII.	20. XII.	21. II.	—	—	—	durch Hochwasser zerst.		
30. XI.	30. XI.	18. IV.	14. XI.	14. XI.	8. IV.	21. X.	21. X.	4. IV.
7. XII.	12. XII.	16. III.	—	—	—	—	—	—
ausgetrocknet.			7. XII.	10. XII.	14. IV.	30. XI.	1. XII.	10. IV.
14. XII.	16. XII.	9. IV.	7. XII.	10. XII.	14. IV.	ausgetrocknet.		
30. XI.	8. XII.	6. V.	15. XI.	1. XII.	13. V.	19. XI.	25. XI.	12. IV.
30. XI.	8. XII.	6. V.	15. XI.	1. XII.	5. V.	15. XI.	25. XI.	12. IV.
2. I.	4. I.	15. III.	23. XII.	27. XII.	—	ausgetrocknet.		
3. XI.	15. XI.	12. IV.	25. XI.	4. XII.	14. IV.	seit Januar ohne Wasser		
14. XII.	15. XII.	23. III.	1. I.	2. I.	10. III.	29. XII.	29. XII.	28. III.
24. XI.	10. XII.	16. IV.	5. XII.	13. XII.	9. IV.	27. XI.	29. XI.	10. IV.
10. XII.	10. XII.	12. IV.	21. XII.	21. XII.	24. IV.	27. XI.	30. XI.	14. IV.
20. XII.	22. I.	20. IV.	3. XII.	4. I.	16. IV.	23. XII.	1. I.	12. IV.
12. XII.	15. XII.	5. IV.	26. XI.	7. XII	31. III.	27. XI.	26. XI.	1. IV.

			1904/05			1905/06		
			erste	völlige	letzte	erste	völlige	letzte
			Vereisung			Vereisung		
106	Kratzsee	Sohnaitsee	30. XI.	6. I.	24. III.	15. XII.	15. XII.	—
	Weitsee	,,	16. XII.	4. I.	30. III.	15. XII.	15. XII.	18. III.
	Schillingersee	,,	30. XII.	1. I.	20. III.	15. XII.	15. XII.	18. III.
107	Attlesee	Schneidbach	15. XI.	6. XII.	3. IV.	—	—	—
111	Schwansee	Schwangau	20. XI.	6. XII.	16. IV.	20. XI.	26. XI.	9. IV.
	Bannwaldsee	,,	6. XII.	20. XII.	3. IV.	5. XII.	12. XII.	1. IV.
	Alpsee	,,	—	—	—	16. XII.	26. XII.	15. IV.
112	Seegersee	Seeg	15. XI.	1. XII.	—	30. XI.	8. XII.	27. III.
113	Staffelsee	Seehausen	21. XII.	26. XII.	26. III.	14. XII.	29. XII.	13. III.
114	Seeleitensee	Seeon	1. XII.	15. XII.	20. III.	14. XII.	19. XII.	17. III.
	Klostersee	,,	1. XII.	3. XII.	—	5. XII.	10. XII.	12. III.
115	Gartensee	Seeshaupt	—	—	—	—	11. XII.	10. III.
	Ursee	,,	—	—	—	—	11. XII.	10. III.
	Gröbensee	,,	—	—	—	—	11. XII.	10. III.
	Lustsee	,,	—	—	—	12. XII.	24. XII.	2. III.
	Stechsee	,,	—	—	—	—	11. XII.	10. III.
	Frechensee	,,	—	—	25. III.	8. XII.	10. XII.	10. III.
116	Fichtsee	Sindelsdorf	1. XII.	15. XII.	15. III.	15. XI.	1. I.	15. III.
	Adlwartsee	,,	1. XII.	15. XII.	18. III.	15. XI.	1. I.	15. III.
118	Halmsee	Soyen	9. I.	17. I.	14. II.	15. XII.	—	4. III.
	Kitzsee	,,	9. I.	17. I.	9. III.	22. XII.	26. XII.	8. III.
	Altensee	,,	20. XII.	26. XII.	7. III.	13. XII.	16. XII.	10. III.
120	Simssee	Stefanskirchen	—	—	—	29. XII.	17. I.	10. III.
122	Schönauerweiher	Steinbach	—	—	—	27. XII.	29. XII.	3. IV.
123	Höglwörthersee	Stoißberg	26. XI.	10. XII.	—	1. XII.	15. XII.	18. III.
124	Sulzbergersee	Sulzberg	15. XII.	22. XII.	31. III.	3. XII.	9. XII.	17. III.
126	Tachingersee	Taching	2. I.	3. I.	19. III.	19. XII.	—	11. III.
127	Tegernsee	Tegernsee	16. I.	—	9. III.	2. I.	14. II.	23. II.
128	Aufhofnersee	Thainning	—	—	—	—	—	—
129	Eglsee	Traubing	20. XI.	2.5 XI.	20. III.	10. XII.	20. XII.	1. III.
	Deixlfurtersee	,,	3. XII.	6. XII.	24. III.	—	—	—
130	Luegingersee	Truchtlaching	30. XI.	30. XI.	28. II.	20. XII.	20. XII.	28. II.
	Länglechnersee	,,	30. XI.	30. XI.	28. II.	20. XII.	20. XII.	28. II.
131	Bärnsee	Unratshausen	15. XII.	20. XII.	1. II.	—	—	—
132	Diethofersee	,,	8. I.	8. I.	15. III.	20. XII.	10. I.	7. III.
133	Biberschwöllersee	Ursprung	1. XII.	3. I.	30. III.	—	—	—
	Grabensee	,,	1. XII.	3. I.	30. III.	—	—	—
135	Wagingersee	,,	30. XII.	1. I.	15. III.	22. XII.	2. I.	28. II.
137	Froschhausersee	Weindorf	30. XI.	15. XII.	24. III.	26. XI.	4. XII.	13. III.
	Riegsee	,,	—	7. XII.	—	9. XII.	11. XII.	12. III.
138	Weißensee	Weißensee	15. XII.	26. XII.	1. IV.	12. XII.	24. XII.	25. III.
139	Weßlingersee	Weßling	20. XII.	2. I.	22. III.	—	—	—

1906/07			1907/08			1908/09		
erste	völlige	letzte	erste	völlige	letzte	erste	völlige	letzte
	Vereisung			Vereisung			Vereisung	
14. XII.	18. XII.	3. IV.	26. XI.	7. XII.	31. III.	27. XI.	30. XI.	30. III.
12. XII.	15. XII.	5. IV.	26. XI.	7. XII.	—	25. XI.	28. XI.	2. IV.
12. XII.	15. XII.	5. IV.	24. XI.	3. XII.	31. III.	23. XI.	26. XI.	20. III.
20. XI.	10. XII.	17. IV.	28. XII.	4. I.	17. IV.	18. XI.	20. XI.	10. IV.
6. XII.	15. XII.	6. IV.	15. XI.	25. XI.	15. IV.	1. XII.	—	30. III.
15. XII.	20. XII.	12. IV.	15. XI.	30. XI.	10. IV.	4. XII.	—	20. III.
20. XII.	28. XII.	24. IV.	20. XII	1. I.	15. IV.	4. I.	4. I.	25. III.
25. XI.	19. XII.	2. IV.	4. XII.	16. XII.	8. IV.	25. XI.	—	—
18. XII.	23. XII.	4. IV.	17. XII.	6. I.	23. III.	26. XII.	—	28. III.
17. XII.	22. XII.	2. IV.	18. XII.	22. XII.	6. IV.	28. XI.	—	—
16. XII.	20. XII.	4. IV.	6. XII.	8. XII.	23. III.	28. XI.	30. XI.	31. III.
—	—	22. III.	26. XII.	1. I.	25. III.	28. XI.	1. XII.	—
—	—	21. III.	26. XII.	1. I.	25. III.	28. XI.	1. XII.	—
—	—	21. III.	26. XII.	1. I.	25. III.	28. XI.	1. XII.	—
—	—	17. III.	26. XII.	1. I.	17. III.	28. XI.	—	—
—	—	19. III.	26. XII.	1. I.	25. III.	28. XI.	1. XII.	—
—	—	27. III.	25. XI.	26. XI.	29. III.	21. X.	—	2. IV.
15. XII.	17. XII.	6. IV.	15. XII.	22. XII.	5. IV.	1. XII.	—	—
15. XII.	17. XII.	6. IV.	30. XII.	—	5. IV.	1. XII.	—	—
20. XII.	22. XII.	21. III.	—	—	—	12. I.	16. I.	14. IV.
21. XII.	23. XII.	26. III.	—	—	—	14. I.	14. I.	15. IV.
17. XII.	20. XII.	21. III.	—	—	—	12. I.	12. I.	17. IV.
13. XII.	1. I.	25. III.	5. I.	12. I.	11. III.	28. XII.	31. XII.	—
21. XII.	23. XII.	1. IV.	—	—	—	—	—	—
12. XII.	19. XII.	23. III.	13. XII.	17. XII.	30. III.	18. XI.	30. XI.	7. IV.
14. XII.	16. XII.	10. IV.	—	—	—	—	—	30. III.
20. XII.	30. XII.	23. III.	3. I.	4. I.	12. III.	15. XII.	—	2. IV.
21. I.	23. I.	6. IV.	—	—	—	25. I.	25. I.	6. IV.
2. XII.	16. XII.	1. IV.	15. XII.	20. XII.	30. III.	2. XII.	5. XII.	15. III.
—	—	—	13. XII.	20. XII.	5. III.	28. XI.	29. XI.	3. III.
—	—	—	19. XII.	24. XII.	5. III.	28. XI.	29. XI.	5. III.
25. XII.	25. XII.	25. III.	1. XII.	1. XII.	—	18. XII.	20. XII.	4. III.
23. XII.	23. XII.	25. III.	5. XII.	5. XII.	30. III.	18. XII.	20. XII.	4. III.
18. XII.	25. XII.	15. III.	3. XII.	4. XII.	16. III.	14. XI.	30. XI.	27. III.
11. XII.	13. XII.	19. III.	—	—	—	20. XII.	19. I.	—
—	—	—	8. XII.	10. XII.	11. IV.	30. XI.	2. XII.	1. IV.
—	—	—	10. XII.	12. XII.	8. IV.	1. XII.	3. XII.	30. III.
30. XII.	1. I.	23. III.	3. I.	9. I.	12. III.	26. XII.	3. I.	2. IV.
26. XI.	4. XII.	7. IV.	30. XI.	3. XII.	1. IV.	28. XI.	—	24. III.
1. XII.	4. XII.	10. IV.	1. XII.	5. XII.	4. IV.	28. XI.	4. XII.	1. IV.
15. XII.	22. XII.	7. IV.	—	—	—	—	—	—
6. XII.	8. XII.	27. III.	—	—	—	28. XI.	—	19. III.

Nachdem nun auf diese Weise die Sichtung und Zusammenstellung des gesamten Beobachtungsmaterials vollzogen war, bestand die nächste Aufgabe darin, ein Durchschnittsdatum für den Vereisungsbeginn und den Zeitpunkt des Wiederauftauens zu berechnen, sowie die mittlere Dauer der Eisperiode für jedes einzelne Becken zu bestimmen. Es wäre vielleicht wünschenswert gewesen, diese Daten noch als weiteres Glied der vorigen Tabelle anzureihen, um so die Abweichungen der einzelnen Jahresangaben von den berechneten Mittelwerten sofort bestimmen zu können, allein der Umstand, daß auch noch Angaben über die Tiefe der einzelnen Seen und ihre Höhenlage über dem Meeresspiegel Platz finden mußten, wurde zum Anlaß dazu diese Mittelwerte getrennt in der folgenden Tabelle II zusamenzustellen, da unter einer derartigen Erweiterung der Tabelle I ihre Übersichtlichkeit jedenfalls bedeutend gelitten hätte. Die Angaben über die Tiefen der einzelnen Becken stammen großenteils aus der Beantwortung der Fragebogen, doch darf ihnen, da sie häufig nur auf Schätzungen beruhen, besonders bei den kleineren Weihern keine unbedingte Genauigkeit zuerkannt werden. Für die größeren Seen wurden die Tiefen wie auch die Meereshöhen hauptsächlich aus dem bekannten Geistbeckschen[1]) Werke entnommen oder aus Tiefen- bezw. Höhenschichtenkarten ermittelt. Auch Trautweins „Alpenführer" gab manchen schätzenswerten Aufschluß.

[1]) Geistbeck: Die Seen der deutschen Alpen. Leipzig 1885.

Zusammenstellung der Mittelwerte aus den fünfjährigen Beobachtungen.

Tabelle II.

		Tiefe in m	Meereshöhe	Vereisung: erste	völlige	letzte	Dauer der Vereisung in Wochen
1	Elbsee	18	600	14. XI.	19. XI.	3. IV.	20
2	Friedlsee	4—5	?	14. XII.	17. XII.	22. III.	14
3	Eichendorfersee	2	650	10. XII.	23. XII.	17. III.	14
	Goppeltsriedersee	4	650	7. XII.	19. XII.	17. III.	15
4	Eßsee	10	790	27. XI.	2. XII.	30. III.	18
5	Leitgeringersee	16	450	26. XII.	29. XII.	18. III.	12
6	Kesselsee	12—13	450	6. XII.	9. XII.	22. III.	15
	Staudhammersee	12	450	7. XII.	9. XII.	20. III.	15
8	Eiselfingersee	4,5	550	6. XII.	6. XII.	16. III.	14
9	Untersoienersee	4	700	27. XI.	3. XII.	27. III.	17
10	Höllsee	3	600	14. XII.	16. XII.	18. III.	13
11	Haslachersee	4,5	700	27. XI.	1. XII.	31. III.	18
	Kinseggersee	30	700	17. XII.	27. XII.	20. III.	13
12	Neusee	?	620	5. XII.	9. XII.	26. III.	16
	Auweiher	?	610	5. XII.	9. XII.	26. III.	16
	Chiemsee	6	590	3. XII.	6. XII.	25. III.	16
	Schörgenweiher	5	620	2. XI.	4. XII.	27. III.	17
16	Wörthsee	34	559	21. XII.	18. I.	26. III.	14
17	Hergratsriedersee	10	800	24. XI.	2. XII.	12. IV.	20
18	Alpsee	25	718	22. XII.	25. XII.	12. IV.	16
	Teufelssee	2,5	718	23. XI.	23. XI.	12. IV.	20
19	Pfeffersee	10	518	9. XII.	13. XII.	21. III.	15
22	Haarsee	?	700	12. XII.	23. XII.	23. III.	14
	Mittellacke	?	700	15. XII.	23. XII.	18. III.	13
	Rothsee	?	700	11. XII.	24. XII.	21. III.	14
24	Stadlerweiher	3	700	11. XII.	23. XII.	1. IV.	16
	Eggelburgersee	3	550	19. XII.	4. I.	17. III.	12
27	Schweineggersee	5	900	5. XII.	12. XII.	10. IV.	18
30	Emmingerweiher	4	600	9. XII.	11. XII.	29. III.	16
31	Hopfensee	11	795	9. XII.	16. XII.	10. IV.	17
32	Schwarzsee	20	650	1. XII.	17. XII.	23. III.	14
35	Obersee	15	800	13. XI.	30. XI.	17. IV.	22
37	Klepperfilzsee	5	840	18. XI.	23. XI.	13. IV.	21
38	Pflegersee	12	750	30. XI.	6. XII.	3. IV.	18
	Rissersee	14	750	27. XI.	30. XI.	1. IV.	18
39	Kastenseeonersee	6	600	27. XI.	30. XI.	25. III.	17
41	Eichsee	12	600	6. XII.	17. XII.	2. IV.	17
43	Eglsee	3	700	7. XII.	18. XII.	18. III.	14

		Tiefe in m	Meereshöhe	Vereisung			Dauer der Vereisung in Wochen
				erste	völlige	letzte	
45	Haidsee	2,5	650	29. XI.	29. XI.	26. III.	17
46	Hackensee	7	650	24. XI.	20. XII.	23. IV.	21
47	Moosbergsee	25	600	18. XII.	—	6. III.	11
48	Blassee	5	500	8. XII.	11. XII.	25. III.	15
	Thalersee	?	500	1. XII.	23. XII.	20. III.	16
	Pölhammersee	24	500	16. XII.	29. XII.	23. III.	14
	Schloßsee	?	500	10. XII.	21. XII.	25. III.	15
	Kautsee	3,5	500	8. XII.	11. XII.	24. III.	15
	Kesselsee	11	500	8. XII.	11. XII.	25. III.	15
50	Seehammersee	20	650	11. XII.	20. XII.	26. III.	15
51	Fohnsee	23	600	22. XII.	30. XII.	22. III.	13
	Staltachersee	12	600	11. XII.	18. XII.	22. III.	14
	Ostersee	37	600	12. XII.	29. XII.	25. III.	15
52	Kleinsee	7	710	18. XII.	22. XII.	29. III.	14
54	Hubersee	2,5	600	11. XII.	28. XII.	29. III.	15
	Kirnbergersee	3	600	10. XII.	28. XII.	27. III.	15
	Stocksee	4	600	10. XII.	28. XII.	21. III.	14
55	Listsee	10	573	30. XII.	12. I.	21. III.	12
	Thumsee	45	527	20. XII.	26. XII.	21. III.	13
58	Kochelsee	65	599	31. XII.	23. I.	21. III.	12
60	Barmsee	45	936	19. XII.	25. XII.	14. IV.	16
63	Bernriederweiher	3	630	2. XII.	9. XII.	4. III.	13
	Nußbergerweiher	12	630	15. XII.	20. XII.	9. III.	12
	Hapbergerweiher	3	630	3. XII.	8. XII.	4. III.	13
	Beatsee	4	630	2. XII.	12. XII.	28. II.	13
64	Maisingersee	2	630	6. XII.	21. XII.	5. IV	17
65	Bachtelweiher	6	700	4. XII.	10. XII.	30. III.	17
66	Niedersonthofners.	28	700	19. XII.	26. XII.	1. IV.	15
	Oberer Inselsee	12	700	18. XII.	22. XII.	1. IV.	15
	Mittlerer Inselsee	10	700	14. XII.	22. XII.	1. IV.	15
	Unterer Inselsee	20	700	14. XII.	22. XII.	29. III.	15
	Widdumerweiher	3	700	9. XII.	12. XII.	30. III.	16
68	Schwarzenbergw.	5	850	30. XI.	30. XI.	8. IV.	18
70	Mooshammerweih.	12	650	10. XII.	18. XII.	13. III.	13
71	Litzelsee	10	700	17. XII.	20. XII.	14. III.	12
	Steinsee	20	600	18. XII.	20. XII.	21. III.	13
72	Buchsee	11	600	18. XII.	20. XII.	21. III.	13
	Bichlersee	?	900	18. XI.	30. XI.	27. III.	17
73	Pilsensee	20	533	18. XII.	10. I	25. III.	14
75	Stallauerweiher	6	700	30. XI.	8. XII.	8. IV.	18

		Tiefe in m	Meereshöhe	Vereisung			Dauer der Vereisung in Wochen
				erste	völlige	letzte	
76	Eibsee	35	959	14. XII.	23. XII.	12. V.	21
76	Untersee	25	959	13. XII.	22. XII.	3. V.	20
	Frillensee	?	959	20. XI.	20. XI.	26. IV.	22
	Rosensee	?	959	28. XI.	21. XII.	23. III.	16
77	Tüttensee	20	520	23. XII.	28. XII.	20. III.	12
78	Söchersee	3,5	650	12. XII.	24. XII.	11. III.	13
	Badsee	4	650	8. XII.	17. XII.	22. III.	15
	Schönchensee	2,5	650	12. XII.	24. XII.	11. III.	13
	Ickenbühlsee	3	650	15. XII.	24. XII.	13. III.	13
	Die Lache	4	650	15. XII.	24. XII.	15. III.	13
80	Egelsee	10	750—800	15. XI.	15. XII.	13. IV.	21
81	Brunnensee	80	750	6. I.	25. I.	5. III.	9
	Griessee	30	750	9. XII.	11. XII.	28. III.	15
	Taubensee	20	750	12. XII.	13. XII.	28. III.	15
	Obingersee	50	750	11. XII.	14. XII.	23. III.	15
82	Haarsee	3	650	20. XII.	2. I.	—	—
85	Penzingersee	7	?	6. XII.	12. XII.	21. III.	15
86	Winkelsee	5	520	5. XII.	11. XII.	11. III.	14
	Eschenauersee	12	520	6. XII.	12. XII.	11. III.	13
88	Taubensee	?	873	2. XI.	14. XI.	21. IV.	24
	Hintersee	16	763	10. XI.	13. XII.	4. IV.	21
90	Faulensee	13	800	26. XI.	9. XII.	10. IV.	19
91	Tinningersee	5	500	1. XII.	3. XII.	25. III.	16
92	Stettnersee	13	520	1. XII.	7. XII.	26. III.	16
93	Weidsee	28	440	15. XII.	19. XII.	22. III.	14
94	Langenwaldersee	?	750	24. XI.	30. XI.	4. III.	14
	Huttlersee	?	750	21. XI.	1. XII.	31. III.	18
	Schmuttersee	?	750	17. XI.	30. XI.	4. IV.	20
95	Engelsriedersee	2	650	7. XII.	17. XII.	2. III.	12
96	Widrigsee	4	750	4. XI.	4. XI.	10. IV.	22
97	Förchensee	1	518	29. XI.	3. XII.	6. III.	14
98	Schwaltenweiher	?	800	27. XI.	9. XII.	11. IV.	19
	Neuweiher	7	800	2. XII.	9. XII.	9. IV.	18
99	Mittelsee	?	750	15. XI.	28. XI.	28. IV.	23
	Lödensee	?	750	17. XI.	28. XI.	26. IV.	23
	Taubensee	?	700	29. XII.	3. I.	19. III.	12
	Froschsee	12	750	17. XI.	24. XI.	14. IV.	21
100	Abtsdorfersee	70	400	23. XII.	24. XII.	16. III.	12
101	Kirchsee	18	700	3. XII.	9. XII.	8. IV.	18
104	Karpfsee	20	596	9. XI.	9. XI.	8. IV.	21

		Tiefe in m	Meereshöhe	Vereisung erste	Vereisung völlige	Vereisung letzte	Dauer der Vereisung in Wochen
105	Schliersee	63	778	14. XII.	11. I.	11. IV.	17
106	Scheibelsee	3	550	7. XII.	13. XII.	29. III.	16
	Kratzsee	3	550	10. XII.	15. XII.	30. III.	16
	Weitsee	3	550	7. XII.	14. XII.	30. III.	16
	Schillingersee	3	550	9. XII.	12. XII.	25. III.	16
107	Attlesee	12	800	28. XI.	10. XII.	12. IV.	19
111	Schwansee	10	792	24. XI.	3. XII.	9. IV.	19
	Bannwaldsee	12	791	3. XII.	13. XII.	3. IV.	17
	Alpsee	59	811	23. XII.	30. XII.	11. IV.	16
112	Seegersee	8	800	26. XI.	11. XII.	2. IV.	17
113	Staffelsee	40	648	19. XII.	29. XII.	25. III.	14
114	Seeleitensee	15	500	10. XII.	20. XII.	1. IV.	16
	Klostersee	18	500	5. XII.	8. XII.	25. III.	16
115	Gartensee	23	580	12. XII.	15. XII.	19. III.	14
	Ursee	?	580	12. XII.	15. XII.	19. III.	14
	Gröbensee	?	580	12. XII.	15. XII.	19. III.	14
	Lustsee	?	580	12. XII.	28. XII.	12. III.	13
115	Stechsee	?	580	12. XII.	15. XII.	18. III.	14
	Frechensee	15	580	18. XI.	3. XII.	25. III.	18
116	Fichtsee	5	600	3. XII.	15. XII.	26. III.	16
	Adlwartsee	4	600	7. XII.	21. XII.	27. III.	16
118	Halmsee	15	550	30. XII.	8. I.	11. III.	11
	Kitzsee	25	550	1. I.	5. I.	22. III.	12
	Altensee	12	550	23. XII.	26. XII.	23. III.	13
120	Simssee	29	470	27. XII.	7. I.	15. III.	11
122	Schönauerweiher	6	630	24. XII.	26. XII.	2. IV.	14
123	Höglwörthersee	14	500	2. XII.	12. XII.	27. III.	16
124	Sulzbergersee	15	720	11. XII.	16. XII.	30. III.	16
126	Tachingersee	13	443	24. XII.	2. I.	20. III.	12
127	Tegernsee	71	725	16. I.	31. I.	18. III.	9
128	Aufhofnersee	9	650	6. XII.	14. XII.	26. III.	16
129	Eglsee	5	650	3. XII.	9. XII.	7. III.	13
	Deixlfurtersee	20	690	7. XII.	10. XII.	11. III.	13
130	Luegingersee	3,5	?	13. XII.	13. XII.	16. III.	13
	Länglechnersee	1,5	?	13. XII.	13. XII.	18. III.	14
131	Bärnsee	?	617	13. XII.	13. XII.	6. III.	13
132	Dietlhofersee	25	627	23. XII.	4. I.	14. III.	12
133	Biberschwöllersee	6	650	3. XII.	15. XII.	4. IV.	17
	Grabensee	5	650	4. XII.	16. XII.	2. IV.	17
135	Wagingersee	27,5	443	28. XII.	3. I.	13. III.	11

		Tiefe in m	Meereshöhe	Vereisung			Dauer der Vereisung in Wochen
				erste	völlige	letzte	
137	Froschhausersee	12	653	28. XI.	7. XII.	26. III.	17
	Riegsee	14	653	2. XII.	6. XII.	30. III.	17
138	Weißensee	25	797	14. XII.	24. XII.	1. IV.	16
139	Weßlingersee	25	650	8. XII.	22. XII.	23. III.	15

Aus vorstehender Tabelle ist zu erkennen, daß — abgesehen von den vorerwähnten, gewissermaßen eine Ausnahmestellung bekleidenden Hochseen und großen Seen — vor Anfang November sowie nach Ende April auf den südbayerischen Seen eine Eisdecke nicht zu erwarten ist. Die größte aus der Tabelle zu entnehmende Vereisungsdauer beträgt 24 Wochen, die kürzeste 9 Wochen. Da indessen die eben angeführten Daten lediglich als äußerste Grenzen aufzufassen sind, wird es sich empfehlen, zur Erlangung eines genauen Bildes die Tabellenwerte noch einer eingehenderen Betrachtung zu unterziehen.

Fassen wir zunächst den Zeitpunkt der ersten Vereisung ins Auge, so zeigt sich, daß in der ersten Hälfte des November lediglich 8 Seen eine Eisbildung aufzuweisen haben. Die Anzahl derjenigen Becken, deren Eisdecke in der zweiten Hälfte des November entsteht, beträgt 31, während weitaus die größte Mehrzahl, nämlich 89 Seen in der ersten Hälfte des Dezember das Zeichen winterlicher Herrschaft aufgeprägt erhalten, davon in der Zeit vom 7. mit 14. Dezember allein 54. Endlich finden sich noch 31 Seen, die erst in der zweiten Hälfte des Dezember Eis anzusetzen pflegen, und zwei Becken, bei denen erst anfangs Januar die Eisbildung beginnt. Bei dem nördlich von Seebruck am Chiemsee gelegenen Brunnensee, der mit dem 6. Januar beträchtlich aus dem Rahmen der bereits anfangs Dezember vereisenden Seen seiner nächsten Umgebung heraustritt, ist die Ursache hierfür in starken unterirdischen Quellen zu suchen, die auch allem Anscheine nach bei dem nordöstlich von Wasserburg a. I. gelegenen Kitzsee das späte Zufrieren — 1. Januar — veranlassen dürften. Bei dem in nächster Nähe dieses Beckens gelegenen Halmsee treten nämlich

als Folge von Quellen dieselben Erscheinungen auf, und ein Vergleich der über beide Seen in Tabelle I gegebenen Daten dürfte erkennen lassen, daß die Annahme beide Seen stünden unter gleichen Einflüssen, nicht ohne weiteres von der Hand zu weisen sei.

Jedenfalls kann nach vorstehendem das endgültige Eintreten des Winters — und dafür ist doch wohl die Vereisung der stehenden Gewässer das sicherste Anzeichen — für das südlichere Bayern auf Mitte Dezember angesetzt worden.

Analog dem Zeitpunkte der Vereisung bewegt sich auch das Datum des Wiederauftauens bei den in Tabelle II angeführten Seen im wesentlichen innerhalb der Grenzen zweier Monate. Während vor Beginn des Monats März noch allenthalben — abgesehen vom Beatsee, der am 28. Februar auftaut — eine Eisdecke sich dem Blicke bietet, meldet mit Ende April überall eine glitzernde Wasserfläche das Wiedererwachen der Natur. Bis Mitte März haben bereits 24 Seen ihr winterliches Kleid abgelegt, denen sich 87 weitere anschließen, die in der zweiten Hälfte des März ihre Eisdecke zu zerstören pflegen. In der ersten Hälfte des April pflegen 39 und endlich in dessen zweiter Hälfte die letzten 7 Seen vollständig aufzutauen. Lediglich zwei Becken, der Eibsee und der Untersee bei Grainau, als deren Tauzeitpunkt der 12. bezw. 3. Mai ermittelt wurden, scheinen sich der allgemeinen Ordnung nicht einfügen zu wollen. Es ist ja naheliegend daran zu denken, daß besonders beim Eibsee lokale Einflüsse hierbei wesentlich mitwirken, doch ist wohl auch die Ansicht nicht ganz von der Hand zu weisen, daß das über diese Seen leider nur ziemlich lückenhaft vorhandene Beobachtungsmaterial diese doch etwas starken Abweichungen mit verschuldet haben dürfte. Jedenfalls kann aus der Tatsache, daß von den rund 160 in Tabelle II enthaltenen Seen am 15. April bereits 150 vollständig vom Eise befreit erscheinen, mit vollem Recht die Behauptung abgeleitet werden, daß mit diesem Termine die Macht des Winters als endgültig gebrochen zu betrachten sei.

Endlich sei es noch gestattet, auch auf die Dauer der jährlichen Vereisungsperiode mit einigen Worten näher einzugehen. In Tabelle II wurde für jedes einzelne Seebecken

die Anzahl Wochen ermittelt, während derer innerhalb seiner Uferlinie Eis zu finden ist. Die letzte Spalte der genannten Tabelle gibt also den zwischen dem ersten und letzten Auftreten des Eises gelegenen Zeitpunkt an, ohne Rücksicht darauf, ob die Eisdecke die ganze Seefläche oder nur Teile derselben überzog, und zwar wurde die Differenz durch Auf- und Abrunden jeweils auf ganze Wochen gebracht, da eine genauere Behandlung bei der Ungleichheit der Anzahl der Beobachtungen unzweckmäßig erschien. Die zeitlich geringste Eisdecke finden wir mit 9 Wochen bei dem bereits vorerwähnten Brunnensee und dem Tegernsee, während der Taubensee in der Ramsau mit 24 Wochen am längsten in den Fesseln des Winters liegt. Die größte Mehrzahl — 132 Seen — schwankt zwischen 12- und 18wöchiger Eisdecke.

Wenden wir uns nun den in den vorigen Tabellen nicht enthaltenen größeren Seen zu, als welche zunächst Chiemsee, Würmsee und Ammersee bezeichnet seien. Auch der an Flächeninhalt zwar wesentlich hinter den genannten zurückstehende, dafür aber durch seine besondere Tiefe sich auszeichnende Walchensee dürfte wohl im Anschluß an diese Gruppe am zweckmäßigsten behandelt werden. Leider muß der zweittiefste unserer Seen, der Königssee, überhaupt ausgeschaltet werden, da die über ihn ausgesandten Fragebogen nur ein einzigesmal eine Beantwortung erfuhren. Der Grund, weshalb die erwähnten Seen von der allgemeinen Tabelle ausgeschieden wurden, ist hauptsächlich darin zu suchen, daß eben für einen großen See sich der Zeitpunkt der Vereisung niemals so genau abgegrenzt angeben läßt wie dies der enge Rahmen einer Tabelle verlangt und wie es bei kleinen Becken fast stets möglich ist.

Leider war es auch hier nicht möglich, für jeden einzelnen der erwähnten Seen wenigstens für die in Frage kommenden fünf Jahre genaue Beobachtungen zu erhalten, ganz abgesehen davon, daß für solche Becken, deren Oberfläche sich über einige Tausend Hektar erstreckt, mehrere längs der Uferlinie zerstreute Beobachtungsstationen äußerst wünschenswert wären.

Wenn wir die später noch näher zu berührende Einteilung in warme und kalte Seen bereits hier anwenden wollen, so

haben wir uns zunächst mit Chiemsee und Ammersee zu beschäftigen, von deren jedem uns dreijährige, mehr oder minder vollständige Beobachtungen zur Verfügung stehen.

Der Chiemsee.

Der Chiemsee ist mit einem Flächeninhalt von 82,14 qkm und einer Maximaltiefe von 79 m der größte der bayerischen Seen. Er liegt 519 m über dem Meeresspiegel, seine mittlere Temperatur wird von Geistbeck[1]), dem auch die meisten übrigen Zahlenangaben entnommen sind, mit 8,7° angegeben.

Im Winter 1906/07 zeigte sich die erste Vereisung am 24. Januar an einem Teile des Westufers, während die übrige Seefläche noch eisfrei war. Am 2. Februar hatte sich der ganze See geschlossen, am 5. Februar begann der Weitsee teilweise wieder aufzugehen; am 8. Februar schloß sich der See zum zweiten Male vollständig, bis sich am 18. Februar im Weitsee nächst der Fraueninsel und gegen Süden zu wieder eisfreie Stellen von sehr ungleicher Größe bildeten. Einzelne derselben hatten 5 bis 6 m Durchmesser, andere 20 bis 30 m und darüber; am 22. März wurde das letzte Eis im See beobachtet. Am 6. Februar wurde das Eis zum ersten Male von Personen in der Richtung von Stock nach der Herren- und Fraueninsel und nach Gstad begangen, am 14. Februar fuhr der erste Wagen über die Eisdecke. Es wurden Lasten von 6—7 Zentnern darüber gezogen.

Im Winter 1907/08 bildete sich das erste Eis in der Nacht vom 7. auf den 8. Januar im Eiterbachwinkel, dem sich zwischen dem 10. und 12. die Strecke zwischen Stock und Herrenchiemsee anreihte. Am 23. Januar hatte sich die Eisdecke bereits über dem ganzen See geschlossen, wurde aber am 29. wieder zerstört mit Ausnahme einer kleinen Strecke zwischen Stock und Herrenchiemsee. Diese Strecke war nach Geistbeck[2]) auch die einzige, in der sich in dem milden Winter von 1882 gegen Mitte Januar Eis bildete. Am 13. Februar hatte sich die Seefläche zum zweiten Male ganz überzogen, um bereits mit dem 17. Februar vollständig und endgültig wieder auf-

[1]) Die Seen der deutschen Alpen. pag. 348/9.
[2]) Die Seen der deutschen Alpen. pag. 365.

zutauen. Das Eis konnte in diesem Jahre nur durch Fußgänger betreten werden in Richtung von der Fraueninsel nach Gstad und Chieming sowie Feldwies und von der Herreninsel nach Stock. Zwischen den beiden Inseln konnte der Verkehr fast stets mit Schiff aufrecht erhalten werden.

Im Winter 1908/09 endlich setzte die Eisbildung am 29./30. Dezember im Eiterbachwinkel ein und hatte am 22./23. Januar von der ganzen Seefläche Besitz ergriffen. Durch einen starken Weststurm zu Anfang Februar wurde diese Decke vollständig zerstört, doch war am 24. Februar der ganze See zum zweiten Male völlig gefroren. Die Eisfläche wurde mit Lasten bis zu 30 Zentnern befahren.

Um wenigstens einigermaßen einen Vergleich mit anderen Seen zu ermöglichen, sei es gestattet aus diesen spärlichen Angaben einige Mittelwerte zu ziehen, wobei wir als Beginn der Vereisung den 10. Januar, als ihr Ende den 6. März finden. Der Zeitraum zwischen beiden Daten, also die Dauer der Eisbedeckung, beträgt 8 Wochen, während zwischen der ersten Bildung und dem völligen Zuschluß der Eisdecke 16 Tage zu liegen pflegen.

Der Ammersee.

Der Flächeninhalt des Ammersees beträgt 46,54 qkm, seine größte Tiefe 79 m. Er liegt 532 m über dem Meeresspiegel, seine mittlere Temperatur wurde zu 7,5° bestimmt.

Im Winter 1904/05 begann die Eisbildung bereits vor Januar, eine totale Vereisung wurde nicht beobachtet.

Im Winter 1906/07 zeigte sich das erste Eis am 22. Januar; am 12. Februar hatte sich die ganze Seefläche überzogen, doch hielt die Decke in dieser Ausdehnung nur einen Tag an, da sich in der Mitte des Sees sofort wieder eisfreie Stellen bildeten. Im allgemeinen waren ungefähr $^2/_3$ des Sees eisfrei, am 18. März war der ganze See wieder offen.

Im Winter 1908/09 begann die Eisbildung am 1. Januar im Fischer- und Grieblwinkel. Am 10. Januar hatte die größte Eisstärke 12 cm erreicht, doch war die Eisdecke sehr ungleich gefroren, so daß nur an einigen Stellen begehbares Eis vorhanden war. Das Auftauen erfolgte am 24. März. Nach

Geistbeck[1]) bildete sich 1882 Mitte Januar im Herschinger Winkel eine Eisdecke.

Wenn wir diese Mitteilung mit den Angaben der Jahre 1907 und 1909 vereinigen, so ergibt sich Mitte Januar als der Zeitpunkt, zu dem sich im Ammersee Eis zu bilden pflegt. Stellen wir diesem Mittelwerte den 20. März als Datum des Auftauens gegenüber, so erhalten wir die Dauer der Eisdecke zu ungefähr 10 Wochen.

Andere Ergebnisse erwarten uns beim Würm- und Walchensee, die sich uns späterhin noch als der Gruppe der kalten Seen angehörend erweisen werden.

Der Würmsee.

Der Würmsee hat mit 57,32 qkm die zweitgrößte Flächenausdehnung der bayerischen Seen. Seine größte Tiefe beträgt 115 m, sein Wasserspiegel liegt 584 m über dem Meere, die mittlere Temperatur wurde zu 5,4° ermittelt.

Im Winter 1904/05 zeigte sich die erste Eisbildung am 17. Januar, außerdem wurde eine solche noch am 25., 26. und 27. Februar beobachtet, doch war der See stets am gleichen Tage wieder eisfrei. Die Decke des Eises betrug nach Schätzungen im See 1 bis 1½ cm, am Ufer waren einzelne Stellen bis zu 8 cm zu finden. Nach dem letzterwähnten Datum kam keine Eisbildung mehr zustande.

Im Winter 1905/06 begann die Eisbildung am 14. Februar und hatte bereits am 16. den größten Teil der Seefläche überzogen. Eisfreie Stellen befanden sich am Westufer oberhalb der Roseninsel mit ungefähr 2 qkm Ausdehnung, am Ostufer zwischen Ammerland und Seeburg, im Karpfenwinkel und in der Nähe von Schloß Berg. Die Zerstörung der Eisdecke war am 27. Februar vollendet. Die Eisstärke betrug im See ungefähr 2 bis 3 cm, am Ufer 6—7 cm.

Im Winter 1906/07 finden wir bereits am 31. Dezember die ersten Eisansätze, die sich bis zum 10. Februar derart erweitert hatten, daß mit Ausnahme einer überhaupt sehr schwer gefrierenden Stelle bei Schloß Berg der ganze See bedeckt

[1]) Die Seen der deutschen Alpen. pag. 365.

war. Die durchschnittliche Dicke des Eises betrug 3 bis 4 cm. Am 18. Februar war wieder alles Eis verschwunden.

1907/08 begann die Eisbildung in der Nacht vom 7. auf den 8. Januar, am 11. fror der untere Teil Leoni-Possenhofen-Starnberg zu, während der obere Teil des Sees von Leoni aufwärts stets eisfrei blieb. Bereits am 27. Januar wurde das Eis durch einen starken Südwestwind völlig zerstört. Von da an blieb der See eisfrei. In diesem Winter konnte die Eisdecke bis auf einige Entfernung vom Ufer bei 10 cm Dicke durch Fußgänger betreten werden.

1908/09 endlich begann die Eisbildung in der Nacht vom 24./25. Januar in der Weise, daß der obere See Bernried-Ambach und der untere Teil Niederpöcking-Berg sich überzog, doch so, daß der Dampfer am 25. Januar noch verkehren konnte. Der obere See war am 26. Februar und der untere am 1. März ganz gefroren, so daß wir mit diesem Datum das einzigemal während der uns vorliegenden fünf Beobachtungsjahre die Tatsache einer den ganzen See völlig überziehenden Eisdecke feststellen können; doch auch in diesem Jahre trat stets während der warmen Mittagsstunden zwischen Leoni und Berg das Wasser zutage. Von den Fischern wird angegeben, daß eine völlige Vereisung des Sees nur alle 6 Jahre zu erwarten sei. Am 27. März war kein Eis mehr im See zu finden; die Eisdecke wurde in diesem Winter zu 4 bis 6 cm im unteren See gemessen.

Bestimmen wir auch hier Mittelwerte, so erhalten wir als Zeitpunkt des Vereisungsbeginnes den 19. Januar, während am 25. Februar der See bereits wieder offen zu sein pflegt, somit eine Eisperiode von 5 Wochen aufzuweisen hat, die kürzeste, die überhaupt an unseren Seen beobachtet wird.

Der Walchensee.

Weitaus das tiefste unter sämtlichen Seebecken ist das des Walchensees. Wenn seine Flächenausdehnung mit 16,37 qkm. ihn auch beträchtlich hinter die drei erstgenannten Seebecken zurücktreten läßt, so steht er doch mit einer größten Tiefe von 196 m an erster Stelle. Sein Wasserspiegel liegt 802 m ü. M., seine mittlere Temperatur beträgt 5,5° C.

Im Winter 1904/05 nahm die Eisbildung am 24. Dezember ihren Anfang und überzog den westlichen Winkel bei Walchensee und den östlichen bei Niedernach. Mitte Februar hatte die Eisbildung ihre größte Ausdehnung erreicht, indem sie sich bei Walchensee ungefähr 800 m, bei Niedernach ungefähr 600 m von der Bucht aus gegen den See erstreckte. Am Ufer wurde eine Eisdicke von 20 bis 25 cm gemessen. Am 30. März war der See eisfrei.

1905/06 zeigte sich am 10. Dezember die erste Eisbildung; am 16. war die Walchenseebucht überzogen, doch taute sie bereits am 17. wieder auf. Erst vom 28. Dezember ab bildete sich wieder eine Eisdecke, und zwar finden wir von nun an außer in der Walchenseebucht auch bei Niedernach und kürzere Zeit bei Urfeld Eis. Am 27. Januar war die Hälfte des Sees von Urfeld her gegen Süden mit Eis bedeckt, am 12. April war alles Eis aus dem See verschwunden. Die Eisdecke wurde am Ufer und auch in Mitte des zugefrorenen Seearmes bei Walchensee zu 28—30 cm gemessen.

1906/07 begann die Eisbildung am 19. Dezember, erreichte am 8. Februar ihre größte Mächtigkeit und war am 27. April wieder völlig verschwunden. Die Eisdicke betrug bis zu 30 cm.

1907/08 zeigte sich am 2. Januar das erste Eis, am 5. Januar waren $^4/_5$ der ganzen Seefläche bedeckt, zwischen dem 15. und 20. Januar zeigten sich nur noch in Mitte des Sees an einzelnen Stellen Wasserflächen von einigen Hektaren Ausdehnung. Die Eisdecke wurde am Ufer zu 20 cm gemessen, in der Mitte auf 3 cm geschätzt. Am 14. April wurde die letzte Eisbildung beobachtet.

1908/09 endlich bildete sich bereits am 30. November früh $^1/_2$2 Uhr bei —5° C. im Walchenseewinkel das erste Randeis. Nachdem vorher nur die Buchten zugefroren waren, überzog sich am 23./24. Februar plötzlich der ganze See bis auf kleine Stellen in der Mitte, und am 26./27. konnte in diesem Jahrhundert zum ersten Male das Vorhandensein einer geschlossenen, den ganzen See überziehenden Eisdecke festgestellt werden. Im Verlaufe des vorigen Jahrhunderts war diese Erscheinung nur viermal, nämlich in den Wintern 1809, 1829, 1880 und

1885 zu beobachten. Das ältere Eis wurde zu 25 cm, das neuere mit 10 bis 12 cm gemessen.

Als Mittelwerte ergeben sich für den Walchensee: 17. Dezember erste Eisbildung, 13. April Ende der Vereisung; ihre Dauer beträgt 17 Wochen, wobei indes zu beachten ist, daß diese Daten lediglich auf die seichteren Buchten des Sees Bezug haben.

Mit diesen leider teilweise ziemlich lückenhaften Angaben wäre die erste der aus Tabelle I und II ausgeschiedenen Gruppen als erledigt zu betrachten. Zu einer näheren Beleuchtung der hier gewonnenen Daten wird sich späterhin Gelegenheit geben.

Betrachten wir nun die Hochseen, als welche alle diejenigen Becken angesprochen werden sollen, deren Höhe über dem Meeresspiegel 1000 m und darüber beträgt. Natürlicherweise sind hier die größten Lücken im Beobachtungsmaterial vorhanden, da einerseits die gänzliche Abgeschiedenheit der Lage, andererseits auch des öfteren gleich zu Beginn des Winters einsetzende Schneeverwehungen ein Vordringen zu diesen Becken sehr erschwerten oder unmöglich machten. Außerdem sei bemerkt, daß die im nachstehenden angegebenen Daten wohl nicht immer auch ganz genau den Tagen entsprechen dürften, an denen die Vereisung oder das Auftauen wirklich eintrat. Die Beobachtung dieser Seen liegt größtenteils in den Händen des Forstpersonals, und da natürlicherweise ein sehr hoch gelegener See nicht jeden Tag bei den Dienstgängen berührt wird, so werden eben die bei den in größeren Zwischenräumen stattfindenden Begehungen gemachten Beobachtungen in den Fragebogen verwertet. Immerhin soll aber der Versuch nicht unterlassen werden, auch über die Eisverhältnisse dieser Seen ein einigermaßen entsprechendes Bild zu entwerfen. Des besseren Überblicks halber seien sie in vier Gruppen eingeteilt, als deren erste, wenn wir von West nach Ost fortschreitend zählen, die in der Gegend von Oberstdorf befindlichen Becken genannt sein mögen.

Für den in einer Meereshöhe von 1689 m gelegenen oberen Gaisalpsee seien die Beobachtungen in folgender Tabelle zusammengestellt.

Beobachtungs-jahr	erste Vereisung	völlige Vereisung	letzte Vereisung
1904/05	23. XI.	4. XII.	3. V.
1905/06	25. X.	2. XII.	10. VII.
1906/07	8. XI.	13. XI.	25. VI.
1907/08	9. XI.	15. XI.	10. VI.
1908/09	6. XI.	6. XI.	23. VI.
Mittel	8. XI.	20. XI.	14. VI.

Mittlere Vereisungsdauer 31 Wochen.

Der untere Gaisalpsee 1188 m.

Beobachtungs-jahr	erste Vereisung	völlige Vereisung	letzte Vereisung
1904/05	23. XI.	6. XII.	29. IV.
1905/06	20. XI.	25. XI.	15. V.
1906/07	19. XI.	24. XI.	15. VI.
1907/08	15. XI.	20. XI.	1. VI.
1908/09	8. XI.	10. XI.	2. VI.
Mittel:	17. XI.	23. XI.	25. V.

Dieser See führt starke Quellen, die des öfteren offene Stellen im Eise erzeugen oder doch teilweise nur eine schwache Decke zustande kommen lassen. Die größte Eisdicke soll über 1 m betragen. Mittlere Vereisungsdauer 27 Wochen.

Vom großen und kleinen Rappensee konnte nur in Erfahrung gebracht werden, daß sie am 20. Juli 1907 noch mit Eis bedeckt waren, ebenso wie auf dem „Beim See" genannten Becken noch am 25. Juli 1907 sich eine Eisdecke vorfand.

Das Berggündelebecken 2100 m; ca. 2 m tief.

Beobachtungs-jahr	erste Vereisung	völlige Vereisung	letzte Vereisung
1906/07	25. XI.	30. XI.	15. VII.
1907/08	30. XI.	1. XII.	Juni
1908/09	1. XI.	—	—
Mittel:	19. XI.	30. XI.	—

Infolge seiner Lage an der Nordseite des Wiedemerkopfes in einer Mulde wird den Sonnenstrahlen äußerst selten Zutritt gewährt, so daß das Becken meist bis zum Grunde gefriert.

Der Erzgundersee 1200—1800 m; 40 m tief.

Beobachtungs-jahr	erste Vereisung	völlige Vereisung	letzte Vereisung
1906/07	25. XI.	30. XI.	30. VI.
1907/08	30. XI.	1. XII.	1. VII.
1908/09	10. XI.	—	—
Mittel:	22. XI.	30. XI.	30. VI.

Seit einer Reihe von Jahren pflegt der See vor Ostern von Fischern besucht zu werden, wobei sich Eisstärken von 1 bis 2 m vorfinden. Mittlere Vereisungsdauer 31 Wochen.

Der Schreck- oder Wildsee 1200—1800 m; 40 m tief.

Beobachtungs-jahr	erste Vereisung	völlige Vereisung	letzte Vereisung
1906/07	25. XI.	30. XI.	15. VII.
1907/08	30. XI.	1. XII.	Juli
1908/09	1. XI.	—	—
Mittel:	19. XI.	—	—

Der Laufbichl- oder Daumensee 1313 m; 4—5 m tief.

Beobachtungs-jahr	erste Vereisung	völlige Vereisung	letzte Vereisung
1906/07	14. XI.	14. XI.	am 28. Juni noch mit Schnee und Eis bedeckt.
1907/08	1. XI.	15. XI.	Ende August
1908/09	1. XI.	1. XI.	—
Mittel:	5. XI.	10. XI.	

Die Eisdicke wird auf ca. 3 m geschätzt.

Von der nächsten in der Gegend Partenkirchen-Mittenwald gelegenen Gruppe seien zunächst die in 1118 bezw. 1174 m Höhe gelegene vordere und hintere blaue Gumpe erwähnt, die indes gewöhnlich Ende Oktober auszutrocknen pflegen.

Der Schachensee 1697 m; ca. 8 m tief.

Beobachtungs-jahr	erste Vereisung	völlige Vereisung	letzte Vereisung
1904/05	15. XI.	15. XI.	4. VI.
1905/06	1. XI.	1. X.	26. V.
1906/07	1. XI.	5. XI.	8. VI.
1907/08	10. XI.	10. XI.	15. V.
1908/09	10. XI.	20. XI.	20. V.
Mittel:	1. XI.	4. XI.	27. V.

Eismessungen waren hier wegen der ungeheuren Schneeverwehungen nicht möglich, doch wird die durchschnittliche Eisdicke auf 1,5 m geschätzt. Die mittlere Vereisungsdauer beträgt 30 Wochen.

Das verhältnismäßig frühe Auftauen im Mai 1908 ist durch besonders warme Witterung veranlaßt; auch die Schneedecke in der Umgebung des Sees war zu diesem Zeitpunkte schon in einem Zustande, der dem des Vorjahres in der Mitte des Juni entsprach.

Der Stuibensee 1922 m; 8 m tief.

1904/05 von November bis Mai mit Eis bedeckt.

1905/06 konnte wegen abnormer Schneeverhältnisse eine Beobachtung der Eisverhältnisse nicht vorgenommen werden; am 22. Juni war der See eisfrei.

1906/07 am 31. Mai eisfrei.

1907/08 am 5. November begann die Eisbildung, doch war zu dieser Zeit der See bereits bis auf eine Tiefe von 50 cm völlig ausgetrocknet. Die Vermutung, daß auch dieser Rest noch verschwinden werde, wurde durch eine spätere Besichtigung (Mitte August 1908) bestätigt. Mitte November lag alles unter Schnee vergraben.

Der Wildsee (bei Eschenlohe); 10 m tief; 1176 m auf der Hochalm gelegen.

Beobachtungs jahr	erste Vereisung	völlige Vereisung	letzte Vereisung
1904/05	1. XII.	15. XII.	—
1905/06	1. X.	—	15. V.
1906/07	3. XII.	8. XII.	—
Mittel:	12. XI.	12. XII.	—

Die größte Eisdicke wird auf 1 m geschätzt.

Der Ferchensee (bei Mittenwald) 1036 m; 30 m tief

Beobachtungs-jahr	erste Vereisung	völlige Vereisung	letzte Vereisung
1904/05	9. XII.	13. XII.	14. IV.
1905/06	25. XI.	29. XI.	25. IV.
1906/07	1. XII.	7. XII.	14. V.
1907/08	27. XI.	2. XII.	3. V.
1908/09	18. XI.	21. XI.	29. IV.
Mittel:	28. XI.	1. XII.	1. V.

Mittlere Vereisungsdauer 22 Wochen; Eisstärken wurden bis zu 65 cm gemessen.

Der Schmalsee 1000 m; 2 m tief.

Beobachtungs-jahr	erste Vereisung	völlige Vereisung	letzte Vereisung
1904/05	14. XII.	20. XII.	15. IV.
1905/06	29. XI.	3. XII.	18. IV.
1906/07	3. XII.	7. XII.	21. IV.
1907/08	29. XI.	6. XII.	16. IV.
1809/09	5. XI.	7. XI.	14. IV.
Mittel:	28. XI.	3. XII.	17. IV.

Mittlere Vereisungsdauer 20 Wochen; maximale Eisdicke 67 cm.

Der Wildensee 1000 m; 2 m tief.

Beobachtungs-jahr	erste Vereisung	völlige Vereisung	letzte Vereisung
1905/06	26. XI.	2. XII.	26. IV.
1906/07	3. XII.	5. XII.	11. V.
1907/08	27. XI.	29. XI.	1. V.
Mittel:	29. XI.	2. XII.	3. V.

Gefriert jedes Jahr völlig zu; nach der Schneeschmelze ist weder Eis noch Wasser im Becken zu sehen. Mittlere Vereisungsdauer 22 Wochen; Eisstärke 30 cm.

Der Luttensee 1000 m; 25—30 m tief.

Beobachtungs-jahr	erste Vereisung	völlige Vereisung	letzte Vereisung
1904/05	7. XII.	17. XII.	10. IV.
1905/06	27. XI.	5. XII.	21. IV.
1906/07	3. XII.	9. XII.	23. IV.
1907/08	30. XI.	9. XII.	14. IV.
1908/09	24. XI.	28. XI.	11. IV.
Mittel:	30. XI.	7. XII.	16. IV.

Mittlere Vereisungsdauer 20 Wochen; Eisstärke 48 cm.

Der Lautersee 1026 m; 40 m tief.

Beobachtungs-jahr	erste Vereisung	völlige Vereisung	letzte Vereisung
1904/05	12. XII.	17. XII.	5. IV.
1905/06	26. XI.	2. XII.	20. IV.
1906/07	3. XII.	11. XII.	8. V.
1907/08	29. XI.	6. XII.	4. V.
1908/09	25. XI.	—	—
Mittel:	1. XII.	18. XII.	24. IV.

Mittlere Vereisungsdauer 21 Wochen; maximale Eisstärke 70 cm.

Der obere Soiernsee, 1850 m hoch gelegen, ist wegen Schneeverwehungen meistens unzugänglich. 1907/08 begann die Eisbildung am 27. November, am 4. Dezember war das ganze Becken überzogen. 1908 war der See ausgetrocknet. Auch die

Die unteren Soiernseen, 1573 m hoch gelegen, sind im Winter meist unzugänglich. 1907/08 wurden dieselben Daten wie beim oberen See verzeichnet; am 27. Mai 1908 war die Eisdecke verschwunden. 1908/09 begann die Eisbildung am 10. November, bedeckte am 16. bereits die ganze Oberfläche, am 25. Mai war kein Eis mehr vorhanden. Die Seen sind meist durch Lawinen eingeschüttet.

Der Vereinsalpsee 1354 m; 1,5 m tief.

Beobachtungs-jahr	erste Vereisung	völlige Vereisung	letzte Vereisung
1904/05	30. XI.	31. XI.	—
1905/06	völlig	verschneit	—
1906/07	1. XII.	—	17. VI.
1907/08	1. XII.	8. XII.	18. V.
1908/09	16. XI.	—	25. IV.
Mittel:	27. XI.	—	17. V.

Mittlere Vereisungsdauer 24 Wochen.

Der Wagenbrücksee 1000 m; 6 m tief.

Beobachtungs-jahr	erste Vereisung	völlige Vereisung	letzte Vereisung
1904/05	15. XI.	—	15. IV.
1905/06	25. XI.	—	18. IV.
Mittel:	20. XI.	—	16. IV.

1904/05 war eine eisfreie Stelle von 3—4 m Durchmesser vorhanden,

1905/06 deren drei mit Längen von 3 m, 2 m und 1 m, sowie mit Breiten von 2 und 1 m; mittlere Vereisungsdauer 21 Wochen.

Der Grubsee 1000 m; ca. 10 m tief.

Beobachtungs-jahr	erste Vereisung	völlige Vereisung	letzte Vereisung
1904/05	2. XII.	10. XII.	—
1605/06	1. XII.	8. XII.	15. IV.
1906/07	8. XII.	12. XII.	15. IV.
1908/09	14. XI.	14. XI.	10. IV.
Mittel:	29. XI.	3. XII.	3. IV.

Mittlere Vereisungsdauer 18 Wochen.

Als dritte Gruppe kämen folgende im Schlierseergebiet gelegene Seen in Betracht:

Der Blankensteinersee 1454 m.

Beobachtungs-jahr	erste Vereisung	völlige Vereisung	letzte Vereisung
1905/06	15. X.		31. V.
1906/07	30. XI.		1. V.
1907/08	14. XI.		14. IV.
1908/09	21. X.		12. V.
Mittel:	4. XI.		7. V.

Durch häufige Lawinenstürze vom Blankenstein wird der See meist ganz verschüttet; Schnee und Eis bilden zusammen eine feste Decke, deren Dicke auf ungefähr 6 m geschätzt wird. Mittlere Vereisungsdauer 26 Wochen.

Der Röthensteinersee 1459 m.

Beobachtungs-jahr	erste Vereisung	völlige Vereisung	letzte Vereisung
1905/06	15. X.		31. V.
1906 07	15. XI		1. V.
1907/08	15. XI.		18. IV.
1908/09	21. XI.		12. V.
Mittel:	1. XI.		8. V.

Bezüglich der Eis- und Schneedecke treten dieselben Erscheinungen wie beim Blankensteinersee zutage. Mittlere Vereisungsdauer 27 Wochen.

Der Spitzingsee 1075 m.

Beobachtungs-jahr	erste Vereisung	völlige Vereisung	letzte Vereisung
1904/05	—	—	8. V.
1906/07	3. XII.	5. XII.	14. V.
1908/09	25. XI.	—	27. IV.
Mittel:	29. XI.	—	6. IV.

Im Winter 1906/07 wurden vier übereinander lagernde Eisschichten von durchschnittlich 20 cm Stärke gefunden; zwischen ihnen lagerte Schnee, der mit dem Eis zu einer festen Masse zusammengebacken war. Mittlere Vereisungsdauer 18 Wochen.

Der Grünsee 1392 m.

Beobachtungsjahr	erste Vereisung	völlige Vereisung	letzte Vereisung
1904/05	—	—	30. V.
1908/09	25. November		—

Die Eisdicke wird auf ca. 1 m geschätzt.

Der Soiensee 1540 m (auf der Rotwand).

Beobachtungsjahr	erste Vereisung	völlige Vereisung	letzte Vereisung
1904/05	19. November		14. V.
1905/06	9. X.	15. X.	14. VI.
1906/07	12. XII.	18. XII.	10. VI.
Mittel:	13. XI.	18. XI.	3. VI.

Am 21. April 1905 zeigten sich am Nordufer zwei wahrscheinlich von Quellen (Kelchbrunnen?) herrührende eisfreie Stellen von etwa 4 m Durchmesser. Die übrige Eisfläche erschien bereits morsch.

Am 18. April 1906 zeigte sich dem Südwestufer entlang ein eisfreier Streifen von etwa 20 m Länge und 3 m Breite. Am 12. Mai 1906 war ein Teil des Sees von N.W. her eisfrei. Dem beobachtenden Jagdgehilfen erschien der See „viel größer als im Sommer".

Die Verbindung zwischen dieser und der östlichsten, bei Inzell gelegenen Gruppe wird durch folgende zwei Becken hergestellt:

Der Soiensee 1754 m (auf dem Wendelstein).

Beobachtungsjahr	erste Vereisung	völlige Vereisung	letzte Vereisung
1904/05	20. November		3. V.
1905/06	18. November		22. IV.
1906/07	1. Dezember		20. V.
1907/08	15. November		9. V.
1908/09	25. November		—
Mittel:	22. November		4. V.

Der See ist meistens vollständig verschneit, so daß Eismessungen selten vorgenommen werden können. Im Winter 1904 hatte das reine Kristalleis nur eine Stärke von ca. 15 cm, da gleich nach Eintritt des Frostes starkes Schneetreiben einsetzte, das den See über 2 m tief einwehte. Mittlere Vereisungsdauer 23 Wochen. An der Westseite wird der See durch Quellen gespeist, seine Wassertemperatur steigt im Sommer nicht über 6° C. Im Winter 1907/08 wurde die Eisdecke auf 50 cm geschätzt

Der Taubensee 1300 m (bei Oberwessen).

Beobachtungsjahr	erste Vereisung	völlige Vereisung	letzte Vereisung
1904/05	14. XI.	24. XII.	—
1906/07	7. XII.	7. XII.	18. V.
1907/08	30. XI.	2. XII.	8. V.
1908/09	17. XI.	22. XI.	—
Mittel:	25. XI.	6. XII.	13. V.

Am 7. Dezember 1906 fand Vormittag starker Schneefall statt, der die ganze Seefläche „verfilzte". Die mit dem nachmittägigen Aufklären einsetzende empfindliche Kälte überzog sofort den ganzen See mit einer Eisdecke. Am 3. Mai 1908 war noch die ganze Seefläche vereist; am 4. Mai begann das Auftauen am südlichen Ufer, so daß am 5. Mai nur noch eine Eisfläche von ca. 300 m Länge und 100 m Breite am Nordufer lag; am 8. Mai war dann alles Eis geschmolzen. Eismessungen konnten wegen der bis zu 3 m hohen Schneeverwehungen an diesem See nicht vorgenommen werden. Mittlere Vereisungsdauer 24 Wochen.

Als letzte Gruppe endlich sind die drei bei Inzell gelegenen Becken zu behandeln:

Der Frillensee 900—1200 m; 6 m tief.

Beobachtungsjahr	erste Vereisung	völlige Vereisung	letzte Vereisung
1904/05	—	—	10. V.
1905/06	20. X.	22. X.	9. V.
1906/07	10. XI.	13. XI.	15. V.
1907/08	1. XI.	10. XI.	6. V.
1908/09	30. Oktober		29. IV.
Mittel:	30. X.	4. XI.	8. IV.

Mittlere Vereisungsdauer 23 Wochen.

Der Falkensee 900—1200 m; 25 m tief.

Beobachtungs-jahr	erste Vereisung	völlige Vereisung	letzte Vereisung
1904/05	23. XII.	—	24. III.
1905/06	25. XII.	—	23. III.
Mittel:	24. XII.	—	24. III.

Der See vereist infolge starken unterirdischen Zuflusses von Quellwasser nie vollständig. Die Größe der offenen Stellen schwankt zwischen 2 und 7 qm. Nur am 20./22. Januar 1906 waren auch diese Stellen schwach überlaufen, da in einer sehr kalten Nacht ein Schneesturm einträt, und das offene Wasser verfilzte. Die größte Eisdicke betrug 15 cm, die mittlere Vereisungsdauer 13 Wochen.

Der Krottensee 1429 m; 40 m tief.

Beobachtungs-jahr	erste Vereisung	völlige Vereisung	letzte Vereisung
1904/05	29. XI.	10. XII.	22. IV.
1905/06	17. XI.	25. XI.	7. IV.
Mittel:	23. XI.	3. XII.	15. IV.

Am 11./12. Oktober 1905 ging ein starker Schneesturm nieder, der den ganzen See mit sulzigem „Schneeeis" überzog. Am 16. wurde diese Decke durch einen warmen Wind wieder weggetaut. Eisdicken wurden zwischen 10 und 50 cm beobachtet. Mittlere Vereisungsdauer 21 Wochen.

Fassen wir die Ergebnisse, die sich aus der Betrachtung der Durchschnittswerte der Seen dieser Gruppe ergeben, kurz zusammen, so zeigt sich, daß — von vereinzelten Ausnahmen abgesehen — die Hochseen im Lauf des November zu vereisen pflegen. Die frühesten Daten wurden für den Frillensee bei Inzell am 30. Oktober und für den Schachen- und Röthensteinersee mit dem 1. November ermittelt. Die Abweichung des Lautersees, der sich mit dem 1. Dezember als mittlerem Vereisungsdatum um einen Tag verspätet, kann unberücksichtigt bleiben, während die be-

merkenswerte Ausnahmestellung des Falkensees bei Inzell, der erst am 24. Dezember zu vereisen pflegt, durch das Vorhandensein starker Quellen genügend geklärt wird, eine Erscheinung, die sich auch bei dem verhältnismäßig frühen Zeitpunkt des Wiederauftauens — 24. März — bemerkbar macht. Im Gegensatz zu dem Vorgange des Vereisens pflegt sich die Auftauungsperiode im allgemeinen über 2 Monate, April und Mai, zu erstrecken. Die bemerkenswertesten Ausnahmen hiervon finden wir bei den Hochseen der Oberstdorfer Gegend, von denen einzelne noch im Juni und Juli, der Laufbichl-(Daumen-)See sogar noch Ende August mit Schnee und Eis bedeckt waren; Mittelwerte wurden hier nicht gebildet, um allzugroße Ungenauigkeiten zu vermeiden.

Ein kurzer Überblick über sämtliche bis jetzt ermittelten Angaben scheint nun zu dem Ergebnisse zu führen, daß ein See, je weiter er von der freien Hochebene gegen das Gebirge zu abliegt, umso eher zu vereisen und auch umso später aufzutauen pflegt. Bei genauerer Untersuchung zeigt sich indessen eine derart große Anzahl Ausnahmen von dieser Regel, daß es sich empfiehlt, im folgenden dem rein physikalischen Vorgange des Vereisens und Auftauens etwas näher zu treten, um auf diese Weise vielleicht Anhaltspunkte zu gewinnen, die das scheinbar regelwidrige Verhalten der einzelnen Seen erklären könnten.

III. Wärmeschwankungen im Seebecken, ihre Ursachen und Wirkungen.

Da der Bildung einer Eisdecke in einem See notwendigerweise eine Abkühlung seiner Wassermasse vorangehen muß, wird sich vor allem die Frage aufdrängen, auf welche Weise Wärmeverlust und Wärmezufuhr in einem Seebecken zustandekommen.

Beantworten wir zunächst die Frage nach der Wärmezufuhr, so finden wir als hauptsächlichste Quellen die direkte Wärmestrahlung der Sonne, die Strahlung der über dem See liegenden Atmosphäre und der das Becken einrahmenden Gehänge, sowie die der Größe des zwischen beiden Medien vor-

handenen Temperaturgefälles entsprechende Wärmemenge, welche von der auf dem See ruhenden Luftschicht an das Wasser abgegeben wird.

Als eine in ihrer Wirksamkeit je nach den lokalen Umständen ziemlich variierende Wärmequelle stellt sich ferner die Wasserzufuhr durch ober- und unterirdische Zuflüsse sowie durch Regen dar, während der durch Kondensation von Wasserdampf an der Oberfläche frei werdenden latenten ebenso wie der aus der Umsetzung der mechanischen Arbeit des Windes gewonnenen Wärme wohl kaum mehr ein erheblicher Einfluß auf den Wärmehaushalt eines Seebeckens zugeschrieben werden darf. Lediglich der Vollständigkeit halber sei schließlich auch noch die Eigenwärme der Erde, sowie die durch biologische Prozesse oder durch chemische Reaktionen von im Wasser gelösten Körpern erzeugte Wärme erwähnt, deren Einfluß indessen für praktische Untersuchungen unbedenklich vernachlässigt werden kann.

Weniger zahlreich sind die Möglichkeiten eines Wärmeverlustes, der eintreten kann durch Wärmeausstrahlung in die Atmosphäre, durch Wärmeabgabe durch Leitung an die kalte Luft, durch Zufluß von kaltem Wasser (Regen- oder Flußwasser), durch Bindung von Wärme bei Verdunstung des Wassers an der Oberfläche des Sees und beim Schmelzen von Schnee oder Hagel, der in den See gefallen.

Aus dieser Zusammenstellung läßt sich ohne weiteres die große Bedeutung der Oberfläche eines Sees für thermische Vorgänge erkennen, so daß die oberen Schichten der Wassermenge geradezu als der Schauplatz der größten und wichtigsten thermischen Wechselwirkungen bezeichnet werden können. Findet also die Erwärmung der Wassermassen hauptsächlich durch Vermittlung der Oberfläche statt, so handelt es sich weiterhin um die Erforschung der Vorgänge, durch die das aufgenommene Wärmequantum den übrigen Schichten mitgeteilt wird.

Als erste Quelle für die Erwärmung der Oberfläche nannten wir oben die Sonnenstrahlung, doch kann dieser auf größere Tiefen kein merklicher Einfluß mehr zugeschrieben werden, da ja die Intensität der Wärmewirkung der Sonnenstrahlen

gegen das rote Ende des Spektrums hin sich bedeutend steigert, und gerade langwellige Strahlen vom Wasser begierig absorbiert werden. Auf diesem Wege ist also eine deutlich meßbare Erwärmung der tiefgelegenen Wasserschichten nicht möglich, dagegen veranlassen die als Folge von Wärmeschwankungen stets auftretenden Veränderungen des Dichtezustandes im Verein mit der leichten Verschiebbarkeit der Wasserteilchen Zirkulationen, die einen Wärmeaustausch im Inneren des Sees hervorrufen.

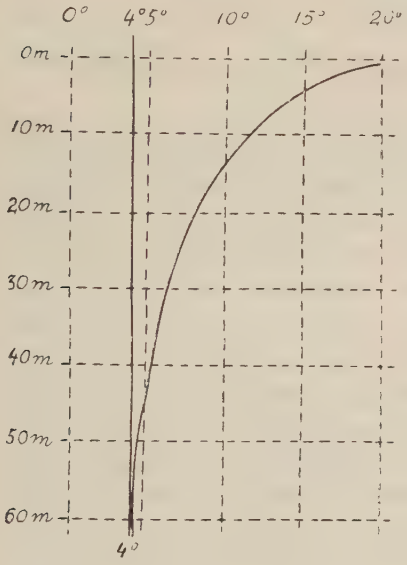
Reines Wasser hat seine größte Dichte zwischen 3,9° und 4°. Temperaturmessungen, die von O. E. Schjøtz[1]) im Mjøsensee in groser Anzahl vorgenommen wurden, ergaben allerdings Abweichungen in der Art, daß einem Anwachsen der Wassertiefe um 100 m eine Abnahme der Temperatur der größten Dichte um ca. $^1/_{10}{}^0$ entspricht, allein diese Temperaturverschiedenheiten sind für unsere Untersuchungen von so geringer Bedeutung, daß ein näheres Eingehen auf sie zwecklos erscheint. Der Kürze halber wird die Temperatur der größten Dichte im folgenden zu 4° angenommen. Mit zunehmender Dichte wächst das spezifische Gewicht, also ist Wasser von + 4° C. am schwersten, und das Bestreben warmer, d. h. leichterer Wassermassen sich über die kalten, dichteren Schichten zu lagern verursacht somit als Folge jeder Temperaturänderung ein System von Konvektionsströmen, welche die Isothermen horizontal zu stellen suchen und erst mit Herstellung des völligen thermischen Gleichgewichts ein Ende nehmen.

Endlich sei noch einer Möglichkeit Kälte oder Wärme in die Tiefe zu bringen gedacht: der Strömungen, die ihre Entstehung mechanischen Wirkungen verdanken. Besonders ist hier die Tätigkeit des Windes zu nennen, der vor allem bei großen, freiliegenden Seen durch starke Wellenbildung Schichten verschiedener Temperaturen miteinander in Berührung bringt und thermische Ausgleichung durch Mischung verursacht; eine Erscheinung, die auf experimentellem Wege von E. M. Wed-

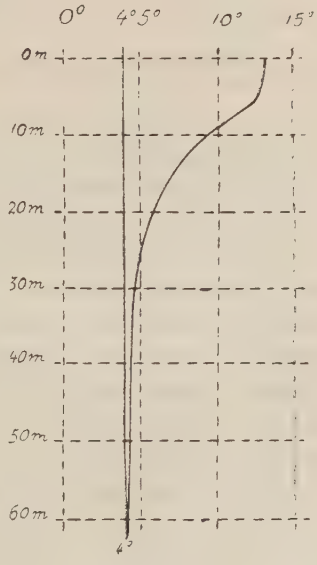
[1]) Resultatet af en Del Undersøgelser over Temperaturforholdene i Dybet af Mjøsen. (Forhandlinger ved de skandinaviske Naturforskeres 13 de Møde i Christiania 1887.) pag. 64.

derburn[1]) eingehenden Untersuchungen unterzogen wurde, auf deren Veröffentlichung in den „Proceedings of the Royal Society of Edinburgh" hier hingewiesen sei.

Untersuchen wir nun das Becken irgend eines unserer Seen auf seine Temperaturverteilung, so werden wir, wenn die Beobachtung an einem warmen Sommertage durchgeführt wird, eine Stellung der Schichten in der Art entdecken, daß von der am meisten erwärmten Oberfläche aus mit wachsender Tiefe eine ständige Abnahme der Temperatur festgestellt werden



Figur 1.



Figur 2.

kann. Ist die Tiefe groß genug, um ein Vordringen der Sommerwärme bis zum Grunde zu verhindern, so werden wir in den untersten Schichten eine Temperatur von annähernd 4° beobachten. Figur 1, die ebenso wie Figur 2 und 7 Forels[2]) Limnologie entnommen ist, gibt ein anschauliches Bild dieser „direkten Schichtenstellung", die außerdem auch noch durch

[1]) An Experimental Investigation of the Temperature Changes occuring in Fresh Water Lochs. Proc. Roy. Soc. Ed., vol. XXVIII., part I.

[2]) Handbuch der Seenkunde. pag. 116 ff.

folgende von U l e[1]), bezw. B r e u[2]) herrührende Temperaturmessungen beleuchtet werden möge.

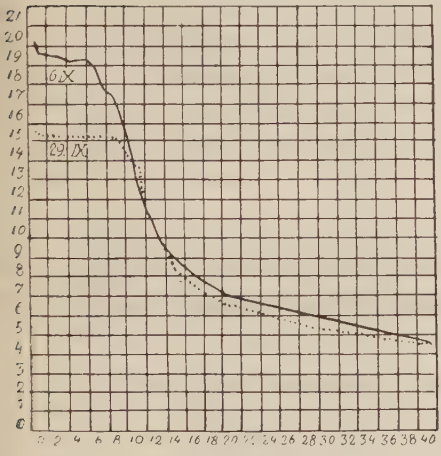
Tiefe in m	Würmsee	Walchensee	Kochelsee	Tegernsee	Schliersee
0	17,3°	16,7°	22,0°	13,5°	17,2°
5	16,7°	16,3°	15,4°	13,1°	16,3°
10	16,6°	16,1°	9,9°	12,8°	7,6°
15	9,5°	7,4°	7,8°	11,7°	5,4°
20	7,2°	5,9°	6,8°	6,8°	4,8°
30	5,4°	4,8°	5,1°	5,0°	4,4°
40	4,7°	4,3°	—	4,5°	—
50	4,3°	4,1°	—	4,2°	—
60	—	—	4,3°	4,1°	—
Tag der Messung:	21. IX. 1893	16. IX. 1893	15. VII. 1904	1. IX. 1905	6. IX. 1893

Indessen herrscht nicht während des ganzen Verlaufes der warmen Jahreszeit eine derartig gleichmäßig fortschreitende Temperaturabnahme mit wachsender Tiefe, wie sie uns Fig. 1 schematisch darstellt, vielmehr findet sich oft an heißen Tagen bei völliger Windstille auf der Seeoberfläche eine meist nur sehr dünne Wasserschicht von auffallend hoher Temperatur, deren Vorhandensein jedenfalls durch Wärmeübergang aus der stark durchwärmten Luft in das kühlere Wasser bedingt ist. Außerdem zeigt sich mit Fortschreiten des Sommers in unseren Seen fast ausnahmslos in nicht allzugroßer Tiefe unter der Oberfläche (ungefähr 10 bis 20 m) eine plötzliche, sprunghafte Erniedrigung der Wassertemperatur. Eduard Richter, der im Jahre 1889 im Wörthersee in Kärnten diese Erscheinung zuerst beobachtete, belegte die hiervon betroffene Zone mit dem Namen „Sprungschicht", eine Bezeichnung, die in der Folge auch in die fremdsprachige Literatur Aufnahme gefunden hat. Obgleich obige Tabelle für diesbezügliche Untersuchungen nicht geeignet erscheint, so läßt sie doch die Lage der Sprungschicht deutlich erkennen. Bedingt wird diese lediglich durch die Tiefe des Eindringens der Wärmestrahlen, woraus sich weiterhin ergibt, daß die Tiefenlage der Sprungschicht nicht nur in verschiedenen Seen variiert, sondern auch in ein und demselben Becken mit fortschreitender Jahreszeit oder je nach Intensität

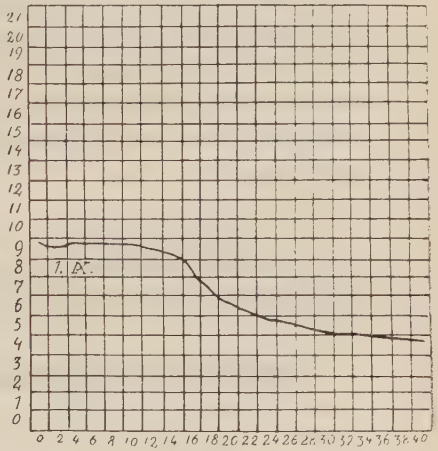
[1]) Der Würmsee. pag. 142.

[2]) Der Kochelsee. pag. 50. — Der Tegernsee. pag. 158.

der lokalen Besonnung Veränderungen unterworfen sein wird. Diese letztgenannte Erscheinung ist wohl neben internen Strömungen als wesentliche Ursache dafür anzusehen, daß die Isothermenflächen im Innern des Sees keine Ebenen bilden, indessen sollen diese Beeinflussungen der Temperaturverhältnisse durch lokale Faktoren erst in einem späteren Abschnitte näher beleuchtet werden. Hier sei nur an Hand der beistehenden von O. v. Aufseß[1]) veröffentlichten Temperaturkurven, die ein klares Bild der Veränderung der Sprungschicht im Kochelsee in der Zeit vom Anfang September bis Anfang November 1902 geben, der Einfluß der fortschreitenden Jahreszeit näher beleuchtet.



Figur 3.



Figur 4.

Wir sehen hieraus auch, daß sich mit zunehmendem Herbst die oberen Wasserschichten abkühlen, sie werden dichter und sinken unter bis sie auf eine Schicht gleicher Temperatur treffen, ein Prozeß, der so lange fortgesetzt wird, bis schließlich die ganze Wassermasse des Sees die Temperatur der größten Dichte erreicht hat.

[1]) Die physikalischen Eigenschaften der Seen. Braunschweig 1905.

Eine schematische Darstellung der ersten Anfänge dieses Vorganges ist außerdem in Figur 2 gegeben. Da von diesem Zeitpunkt an Temperaturerniedrigung keine Dichtezunahme mehr im Gefolge hat, die weiter abgekühlten Schichten vielmehr leichter werden als die Wassermenge von 4°, somit auf ein weiteres Sinken der Oberfläche nicht mehr zu rechnen ist, wäre zu erwarten, daß nun die weitere Abkühlung sich in kürzester Zeit abspielen werde, d. h. daß die Bildung einer Eisdecke als unmittelbar bevorstehend zu betrachten sei. Die Erfahrung hat indessen gezeigt (vgl. auch die folgenden beiden Tabellen), daß diese Annahme den Verhältnissen der Wirklichkeit nicht entspricht, und leider ist es auch auf Grund der bisher gesammelten Beobachtungsmaterialien noch nicht möglich, eine bestimmte Erklärung für diese merkwürdige Erscheinung abzugeben. Die Vermutung, daß in vielen Fällen Unterkühlungserscheinungen ein großer Einfluß zuzuschreiben ist, darf wohl nicht von der Hand gewiesen werden, doch ist auch hierdurch eine völlig befriedigende Lösung der Frage noch nicht gegeben.

Im folgenden seien nur die Erklärungsversuche Buchanans und Richters angeführt, von denen der letztere wohl größeren Anspruch auf Wahrscheinlichkeit erheben dürfte.

Oberflächentemperaturen im Tegernsee 1905/06 [1])

Tag der Messung	September	Oktober	November	Dezember
1.	13,5°	9,6°	—	1,0°
2.	13,4°	9,7°	5,2°	
3.	13,5°	9,7°	5,1°	
4.	13,5°	9,7°	5,1°	
18.	10,8°	8,3°	4,9°	
19.	10,8°	8,3°	4,9°	
20.	10,8°	8,3°	4,9°	
29.	9,3°	—	3,9°	
30.	—	—	3,4°	

Beginn der Eisbildung 2. Januar 1906.

[1]) Der Tegernsee. pag. 154.

Gang der Oberflächentemperaturen im Norsjø 1895/96. [1])

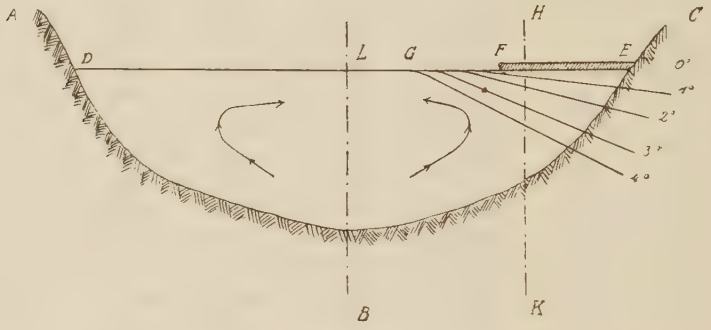
Tag der Messung	Oktober	November	Dezember	Januar
1.	14,1°	7,2°	4,3°	1,9°
2.	14,0°	6,2°	4,3°	1,9°
3.	13,0°	6,2°	4,3°	2,1°
4.	13,0°	6,0°	4,3°	2,1°
5.	13,0°	6,2°	4,3°	2,0°
6.	12,6°	7,0°	4,3°	2,0°
7.	11,4°	7,3°	4,3°	1,2°
8.	11,0°	6,0°	4,3°	1,1°
9.	12,1°	6,1°	4,3°	1,0°
10.	12,0°	7,0°	4,2°	1,0°
11.	11,0°	7,1°	4,2°	1,0°
12.	10,2°	7,1°	4,2°	1,0°
13.	—	7,1°	4,2°	1,0°
14.	10,1°	7,0°	4,2°	1,0°
15.	10,1°	6,4°	4,2°	0,7°
16.	9,2°	6,4°	4,1°	0,7°
17.	10,3°	6,4°	4,1°	0,0°
18.	10,2°	6,0°	4,1°	0,0°
19.	10,0°	5,8°	4,1°	0,0°
20.	9,1°	4,8°	4,1°	0,0°
21.	9,1°	5,8°	4,1°	0,0°
22.	—	5,4°	4,0°	0,0°
23.	—	5,6°	4,0°	0,0°
24.	7,4°	4,8°	3,5°	0,0°
25.	7,4°	4,4°	2,5°	0,0°
26.	7,2°	—	2,1°	0,2°
27.	—	4,6°	2,1°	0,2°
28.	7,1°	5,0°	2,1°	0,2°
29.	7,1°	4,6°	2,0°	0,2°
30.	6,4°	4,4°	2,0°	0,1°

Buchanan[2]), der einschlägige Temperaturuntersuchungen hauptsächlich am Loch Lamond und Linlithgow Loch vornahm, entwickelt folgende Erklärung:

In Figur 5 sei ABC der Querschnitt eines Seebeckens, DE sei der Wasserspiegel, und wenn die ganze Wassermenge ungefähr die Temperatur 4° erreicht hat, kann DE als Isotherme

[1]) Isforholdene ved de norske indsjøer. pag. 128.
[2]) On the freezing of Lakes. pag. 412, Nature XIX.

4° angesprochen werden. Infolge weiterer Abkühlung beginnt nun am Rande die Eisbildung und zwar werde angenommen, daß das Eisstück EF plötzlich entstanden sei. Durch das Vorhandensein dieses Eisstückes wird eine Beeinflussung der Wassertemperatur in der Weise hervorgerufen, daß — wie in der Figur bei G angedeutet — die Isotherme 4° sinkt und zwischen ihr und dem Eisstück sich Zwischentemperaturen bilden.



Figur 5.

Änderungen der Temperatur bedingen aber auch Dichteänderungen, und so werden wir, wenn wir die Schnitte HK und LB legen, bei LB eine größere mittlere Dichte als bei HK finden, eine Erscheinung, die ihrerseits wiederum Konvektionsströme veranlaßt. Derselbe Vorgang wie bei E zeigt sich auch bei D und so läßt Buchanan ein Zirkulationssystem entstehen, das in groben Umrissen — wie in der Figur durch die Richtungspfeile angedeutet — aus Oberflächenströmen von der Seite zur Mitte und aus Unterströmen von der Mitte zum Rande hin besteht. Die Dauer dieser Strömung, d. h. der Zeitraum, der vorgeht, ehe der ganze See mit Eis bedeckt ist, wird von den verschiedensten lokalen Umständen beeinflußt.

Mit dieser letzteren Bemerkung legt Buchanan selbst seiner Theorie eine bedeutende Beschränkung auf, indem er zugibt, daß außer den eben abgeleiteten Faktoren noch verschiedene andere, die er indessen nicht näher bezeichnet, zur Erklärung der ganzen Erscheinung notwendig sind. Außerdem ist es auch wohl nicht sehr wahrscheinlich, daß die geringen

Temperaturänderungen, die durch Eisbildung in den doch meist sehr seichten Uferpartien hervorgerufen werden, ein Strömungssystem von dem Umfange erzeugen, wie dies Buchanans Skizze andeutet.

Richter[1]) dagegen zieht aus einer Reihe von Temperaturbeobachtungen an Seen im Abkühlungszustande den Schluß, daß ein Zeitpunkt, an dem die ganze Wassermenge ganz genau die Temperatur 4,0° besitze, in Wirklichkeit überhaupt nicht vorhanden sei. Temperaturunterschiede von Zehntel-Graden bedingen aber einen so geringen Dichteunterschied, daß ausgleichende Vertikalströmungen sich nur sehr langsam entwickeln. Angenommen, die unterste Schicht habe die Temperatur 4,2°, die Oberfläche sei auf 4,0° abgekühlt, dann entsteht eine so langsame Ausgleichsströmung, daß noch vor Beendigung dieses Vorganges durch fortschreitende Temperaturerniedrigung eine weitere Abkühlung der Oberfläche auf 3,9° 3,8° usw. erfolgen kann, wodurch natürlich dem weiteren Sinken ein Ende bereitet wird. Auf diese Weise finden vielleicht Temperaturerscheinungen, wie die vorstehenden am 25. Januar 1880 von Forel[2]) am Zürichersee beobachteten ihre Erklärung. Aus dieser Tabelle und ihrer graphischen Darstellung in Figur 6 zeigt sich uns zugleich auch das Bild der „verkehrten Schichtenstellung", die zur Zeit der Eisschmelze als die normale zutagetritt.

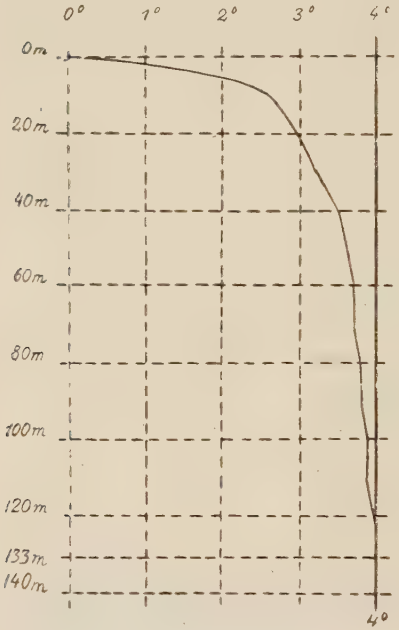
Tiefe in m	Temperatur in C.-Graden
0	0,2
10	2,6
20	2,9
30	3,2
40	3,5
50	3,6
60	3,7
70	3,7
80	3,8
90	3,8
100	3,9
110	3,9
120	4,0
133	4,0

Mit fortschreitender Jahreszeit erwärmt sich die Oberfläche immer mehr und mehr, und die oberen Schichten sinken in die Tiefe, sowie ihre Temperatur 4° erreicht hat. Ist schließlich ein Temperaturausgleich dadurch zustande gekommen, daß die ganze Wassermenge auf 4° gebracht wurde, dann findet ein weiteres Sinken nicht mehr statt, die oberen Lagen be-

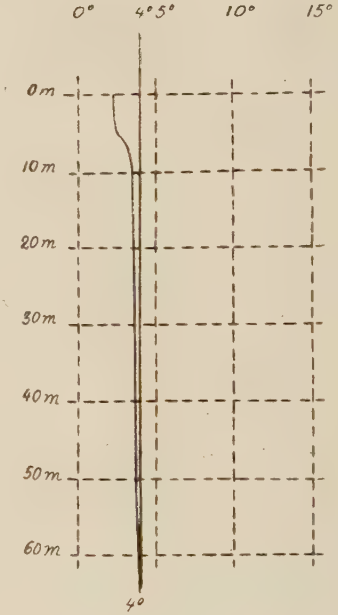
[1]) Seestudien. pag. 49.

[2]) Températures lacustres. pag. 97.

ginnen sich mehr und mehr zu erwärmen und der Zustand der sommerlichen direkten Schichtenstellung ist erreicht. Figur 7 zeigt uns schematisch den Vorgang des eben geschilderten Erwärmungsprozesses.



Figur 6.



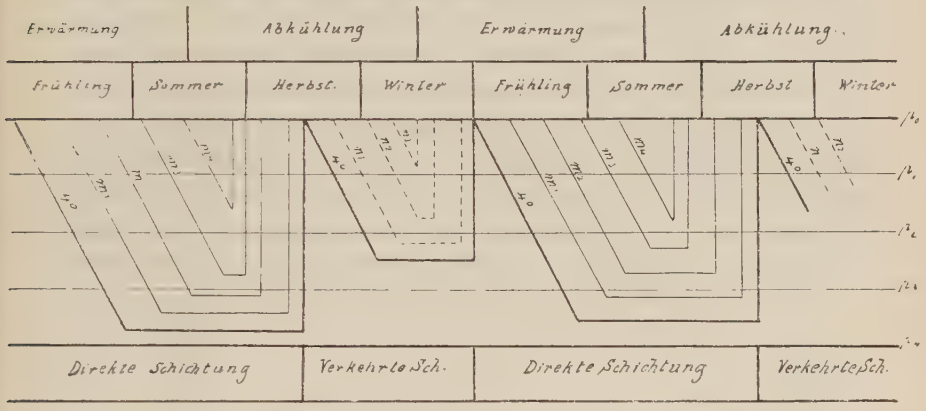
Figur 7.

Überblicken wir nochmals im Zusammenhange den jährlichen Verlauf des Wärmehaushalts der Mehrzahl unserer Seen, so finden wir einen steten Wechsel zwischen Erwärmung und Abkühlung, zwischen direkter und indirekter Schichtung, dessen Verlauf durch folgende Skizze F o r e l s[2]) am besten veranschaulicht wird. Hierbei bezeichnet p^0 die Oberfläche, p^1, p^2 . . sind Tiefen, die Isotherme 0^0 ist durch einen kräftigen Strich gekennzeichnet, während die Isothermen unter 4^0 (n^1, n^2 ..) zur Unterscheidung von denen über 4^0 (m^1, m^2 . . .) durch punktierte Linien dargestellt sind.

Außer dieser jährlichen ist auch noch eine in Erscheinung und Wirkung allerdings bedeutend schwächer sich bemerkbar

[1]) Handbuch der Seenkunde. pag. 110.

machende tägliche Periode der Temperaturschwankung in unseren Seen zu beobachten. Ihr Verlauf, der im wesentlichen auf die oberen Schichten beschränkt bleibt, ist in Kürze der, daß durch die unmittelbare Sonnenbestrahlung, Wärmestrahlung der Atmosphäre und Kontakt mit erwärmter Luft im Verlaufe des Tages eine Erwärmung des Sees erzeugt wird,



Figur 8.

während durch die nächtliche Ausstrahlung und Berührung mit kalter Luft ein Wärmeverlust zustande kommt. Das Temperaturmaximum zeigt sich gegen Ende des Tages, das Minimum am Ende der Nacht, wobei nach Forel in mittleren Breiten

	10^{h} Vorm.	11^{h} Vorm.	12^{h} Mitt.	3^{h} Nachm.	4^{h} Nachm.	6^{h} Nachm.	6^{h} Nachm.	7^{h} Nachm.	8^{h} Abd.	10^{h} Abd.	5^{h} Vorm.	6^{h} Vorm.
Tiefe in m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	24,4	24,6	25,9	27	27	26,1	25,3	25,2	25	24,6	22,5	22,5
1	23,1	23,8	24,7	23,7	23,6	24,7	24,7	24,8	24,7	23,4	24	23
2	22,9	23	23,1	23,2	23,4	23,4	23,5	24,6	24,6	23,2	23,1	23,0
3	23	23	23,1	23,2	23,2	23,2	—	23,6	23,2	23	23,1	23,1
4	22,6	22,5	22,9	22,9	23	23	23	23	22,7	22,1	22,4	22,9

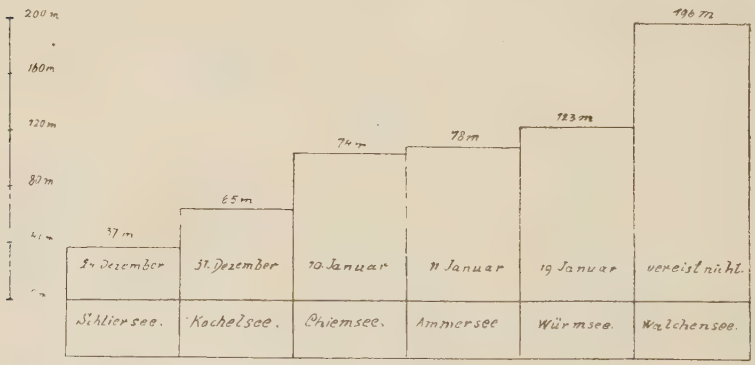
Temperaturunterschiede zwischen 2^{0} und 4^{0} auftreten, während Richter solche bis zu 6^{0} beobachtete. Ule[1]) fand am

[1]) Der Würmsee. pag. 112.

28. August 1894 bei heiterem Wetter im Würmsee um 6 Uhr morgens eine Oberflächentemperatur von 19,5°, um 12 Uhr Mittag 21,4°, um 1 Uhr Nachmittag 23,5° und am nächsten Morgen um 6 Uhr 20,6°. Ein klareres Bild gibt die vorstehende tabellarische Zusammenstellung Richters[1]) über Beobachtungen am Wörthersee vom 2./3. August 1890.

Das Temperaturmaximum zeigt sich hier am Spätnachmittag, das Minimum am frühesten Morgen und ist auch in einer Tiefe von 4 m, allerdings zeitlich etwas verschoben, noch gut bemerkbar. Die Amplitude der Schwankung beträgt 4,5°.

Eine allgemein gültige Tiefengrenze, bis zu der sich diese tägliche Schwankung bemerkbar macht, scheint bis jetzt noch nicht ermittelt zu sein. H. v. Schlagintweit[2]) stellte nur fest, daß am Würmsee in 29,9 m Tiefe eine Insolation nicht mehr bemerkbar sei, während Geistbeck[3]) aus zwei



Figur 9.

einschlägigen Untersuchungen am Walchensee auf eine Grenze von 10 m schließt und Forel am Genfersee noch in 20 bis 25 m Tiefe eine Einwirkung feststellt.

Untersuchen wir nun, in welcher Weise die im vorstehenden entwickelten rein physikalischen Vorgänge mit den Eisverhält-

---

[1]) Seestudien. pag. 39.

[2]) Über die Temperatur von Alpenseen in großen Tiefen nach Beobachtungen am Starnberger- und Chiemsee. Sitzungsberichte der K. b Akademie d. Wiss. 1867.

[3]) Die Seen der deutschen Alpen. pag. 362.

nissen unserer Seen in Beziehung zu bringen sind, so zeigt sich, daß bei Beurteilung des Zeitpunktes der Eisbildung vor allem die Tiefe eines Sees in Betracht zu ziehen ist. Wie wir gesehen, muß erst die ganze Wassermenge auf ungefähr 4° abgekühlt sein, ehe eine bemerkenswerte Eisbildung einsetzen kann und da natürlicherweise bei einem seichten Seebecken diese Durchkältung bedeutend rascher als bei einem tiefen vor sich geht, sind wir in der Lage als allgemein gültige Regel festzustellen: mit zunehmender Tiefe der Seebecken wird ihre Vereisung mehr und mehr verzögert.

Vorstehende Zusammenstellung zeigt (Fig. 9) uns die Tiefenverhältnisse bekannter südbayerischer Seen und ein Blick auf die beigesetzten normalen Vereisungsdaten wird von der Richtigkeit der eben aufgeführten Regel überzeugen, die auch außerdem noch durch den Vergleich der folgenden aus Tabelle II entnommenen Seengruppen ihre Bestätigung finden wird.

	Tiefe in m	Vereisungsbeginn		Tiefe in m	Vereisungsbeginn
Teufelssee	2,5	23. XI.	Schwansee	10	24. XI.
Alpsee	25	22. XII.	Bannwaldsee	12	3. XII.
			Weissensee	25	14. XII.
Seegersee	8	26. XI.	Alpsee	59	23. XII.
Attlesee	12	28. XI.			
Widdumerweiher	3	9. XII.	Froschhausersee	12	28. XI.
Sulzbergersee	15	11. XII.	Riegsee	14	2. XII.
Niedersonthofnersee	28	19. XII.	Staffelsee	40	19. XII.
Haslachersee	4,5	27. XI.	Wörthsee	20	18. XII.
Kinseggersee	30	17. XII.	Pilsensee	34	21. XII.
Bernriederweiher	3	2. XII.	Hackensee	7	24. XI.
Nußbergerweiher	12	15. XII.	Kirchsee	18	3. XII.
Kesselsee	11	8. XII.	Tinningersee	5	1. XII.
Pölhammersee	24	16. XII.	Simssee	29	27. XII.

Daß auch bei Betrachtung der Tabelle II Erscheinungen zutage treten, die sich der allgemeinen Regel nicht anpassen, weist uns indessen doch darauf hin, daß wohl auch noch andere

Faktoren bei der Bildung einer Eisdecke mitbestimmend sein werden.

Aus der Betrachtung der täglichen Temperaturschwankung ersehen wir zunächst, daß infolge der sich im Laufe der Nacht stärker als am Tage bemerkbar machenden Abkühlung die erste Eisbildung wohl stets zu nächtlicher bezw. in frühester Morgenstunde zu erwarten sein wird, eine Tatsache, die auch durch unser Beobachtungsmaterial häufige Bestätigung findet, wenngleich bei Beantwortung der Fragebogen nur von verhältnismäßig wenig Beobachtern hierauf besonders hingewiesen wurde. Beispielsweise sei hier nur auf den Vereisungsbeginn des Chiemsees in der Nacht vom 7. auf den 8. Januar 1908, sowie vom 29. auf den 30. Dezember 1908 aufmerksam gemacht. Am Walchensee zeigte sich das erste Eis am 30. November 1908 früh ½2 Uhr, auch am Würmsee begann die Eisbildung in der Nacht vom 24. auf den 25. Januar 1909.

Endlich weisen uns die vorausgegangenen physikalischen Erörterungen auch noch auf die große Verschiedenheit im Vorgange des Vereisens und Auftauens hin. Während dem Erstarren der Oberfläche erst eine Abkühlung der ganzen Wassermasse vorausgehen muß, genügt bereits die rein lokale Erwärmung der obersten Schichten um die Eisdecke zu beseitigen, ohne daß durch die Tiefe des Seebeckens irgend ein Einfluß ausgeübt werden könnte. Infolgedessen wird sich auch der Tauprozeß in wesentlich kürzerer Zeit abspielen als der Vorgang der Vereisung, wie ja auch die verschiedensten Mitteilungen unserer Beobachter ersehen lassen, nach denen oft an einem einzigen Tage, ja sogar wie z. B. am 16. Januar 1905 im Kochelsee, im Verlauf mehrerer Stunden die ganze Eisdecke beseitigt wurde.

IV. Untersuchung der den Vereisungsgang wesentlich beeinflussenden Faktoren.

Haben wir uns bisher mit der Behandlung der rein physikalischen Faktoren befaßt, nach denen Gefrieren und Tauen der Seen vor sich geht, wobei auch wohl einer der wichtigsten Faktoren, die auf die Bildung der Eisdecke von Einfluß sind, —

die Tiefe des Seebeckens — bereits ermittelt wurde, so sollen nun im folgenden auch noch verschiedene weitere Umstände in ihrer Einwirkung auf die genannten Prozesse eine nähere Würdigung erfahren. Zunächst sind hier meteorologische und rein lokale Erscheinungen auseinanderzuhalten, wobei unter den erstgenannten Lufttemperatur, Bewölkung, Niederschläge und Winde, unter letzteren Gestalt des Seebeckens, seine Umgebung und Zuflüsse zusammengefaßt werden sollen.

Die Durchsicht des zu Beginn zusammengestellten statistischen Materials zeigt uns zunächst nur, daß der Zeitpunkt des Werdens und Vergehens der Eisdecke zwischen ziemlich unbestimmten Grenzen schwankt, somit den ermittelten Durchschnittsdaten nur eine beschränkte Zuverlässigkeit zuerkannt werden kann, außer wenn über mehrere Dezennien ausgedehnte Beobachtungen, wie dies z. B. bei Rijkatschew[1]) der Fall ist, zur Verfügung stehen. Wir erkennen als einzige Gesetzmäßigkeit zunächst nur die Tatsache, daß zu Beginn des Winters die Vereisung einsetzt und mit Frühlingsanfang ihr Ende nimmt. Hieraus wiederum läßt sich aber ein Zusammenhang zwischen Eisperiode und Lufttemperatur ableiten, der uns im folgenden weiter beschäftigen soll.

Die Abkühlung eines Sees wird, wie oben angeführt, unter anderem auch durch Wärmeabgabe, vermittelt durch Leitung an überliegende kalte Luft, bedingt. Wir ersehen hieraus also eine Beziehung zwischen Lufttemperatur und dem Wärmehaushalt eines Seebeckens, die auf den Zeitpunkt des Vereisungsbeginnes von Einfluß ist. Die Abkühlung der oberen Schichten nimmt in dem für unsere Betrachtung in Frage kommenden Gebiete im September ihren Anfang, was z. B. aus den Breuschen[2]) Temperaturmessungen im Tegernsee ersichtlich ist. Dabei kann ja schließlich noch durch vereinzelte warme Tage eine Unterbrechung stattfinden, doch wird hierdurch der Vorgang nicht wesentlich aufgehalten, da die besonders in klaren Herbstnächten äußerst wirksame Ausstrahlung meistens nicht nur imstande ist den Wärmegewinn des Tages wieder zu vernichten, sondern auch einen guten Teil der im

[1]) Über den Auf- und Zugang der Gewässer des russischen Reiches.
[2]) Der Tegernsee. pag. 159.

See von früher her aufgespeicherten Wärmemenge wegzuschaffen. Sind so durch die beiden meteorologischen Erscheinungen, kalte Witterung und klare Nächte, die Vorbedingungen für Beseitigung der im See aufgestapelten Wärmemenge durch die beiden wirksamsten Abkühlungsfaktoren — Ausstrahlung und Leitung an kalte Luft — gegeben, dann wird sich allmählich die direkte Schichtenstellung in indirekte verwandeln und von diesem Zeitpunkt an genügen wenige Tage mit negativem Temperaturmittel, um die Bildung einer Eisdecke zu veranlassen. Wir erkennen hieraus, daß ein ständig kühles Herbstwetter mit darauffolgender mäßiger Kälte während der ersten Wintermonate für die Eisbildung bedeutend günstiger wirkt als verhältnismäßig warmer Herbst, gefolgt von plötzlichem starken Frost. Waren die Herbstmonate verhältnismäßig warm, und setzt dann in raschem Übergange eine empfindliche Kälte ein, so werden sich wohl seichtere Becken mit einer Eisschicht überziehen, während Seen von einiger Tiefe noch geraume Zeit ihre freie Wasserfläche zeigen werden, eine Erscheinung, die sich z. B. an den Eisverhältnissen des Tegernsees und Schliersees besonders schön beobachten läßt, wo infolge der wesentlich unter Normal stehenden Temperatur des Oktober 1905 der Vereisungsbeginn ungefähr 14 Tage vor normal eintrat, während 1906/07 trotz starker Kälte im Dezember die Vereisung beider Seen ungefähr eine Woche nach dem normalen Zeitpunkt stattfand, was nur dem hohen Temperaturstand der Herbstmonate zuzuschreiben ist. So erklärt sich auch die Tatsache, daß beide Seen, die im Jahre 1905 bei einer mittleren Temperatur von Null Grad im Dezember bereits vereist waren, im nächsten Jahre zu derselben Zeit bei bedeutend tieferem Temperaturstand noch vollständig eisfrei gefunden wurden.

Auf der unserer Abhandlung beigegebenen Tafel I wurde der Versuch unternommen von einigen Seen die Beziehungen zwischen Lufttemperatur und Vereisungsgang nach dem Beispiele Holmsens[1]) graphisch darzustellen. Obwohl von der Kgl. bayerischen Meteorologischen Zentralstation München alle erbetenen Temperaturangaben in entgegenkommendster

[1]) Isforholdene ved de norske indsjøer. pag. 143 ff.

Weise zur Verfügung gestellt wurden[1]), konnte der Nachweis des Zusammenhanges der beiden Erscheinungen nicht in der erschöpfenden Weise erbracht werden, wie es wohl der Wunsch des Verfassers gewesen wäre, da eben auch hier sich wieder Mängel der Beobachtung der Eisverhältnisse unangenehm fühlbar machten. So mußten vor allem die meisten größeren Seen aus diesem Grunde ausgeschieden und die Untersuchung auf einige weniger bekannte Becken beschränkt werden, wobei natürlich auch die Entfernung von meteorologischen Stationen keine allzugroße sein durfte, damit nicht durch die Verwendung der von diesen stammenden Temperaturbeobachtungen größere Ungenauigkeiten verursacht würden. Immerhin konnte wenigstens in einigen Fällen der Einfluß der Lufttemperatur auf den Vereisungsgang dargelegt werden.

Die Temperaturkurven auf Tafel I sind dadurch entstanden, daß für jeden Monat ein Temperaturmittelwert berechnet und als Ordinate in der Weise aufgetragen wurde, daß je 2 mm 1° bedeuten, während auf der Abszissenachse ein Monat ohne Rücksicht darauf, ob es aus 30 oder 31 Tagen bestand, durch 10 mm dargestellt wurde. Die durch Verbindung dieser Punkte entstandene schwarz gestrichelte Kurve bedeutet also die der fünfjährigen Periode entsprechende Normaltemperatur, während die in gleicher Weise entstandene voll ausgezogene Linie den Temperaturgang des laufenden Jahres versinnbildlicht. Die aus Tabelle II entnommene mittlere Vereisungsdauer wurde blau punktiert, die jährliche Eisperiode durch eine volle blaue Linie gekennzeichnet.

Betrachten wir zunächst den Tegernsee, für den der mittlere Vereisungsbeginn auf den 16. Januar festgesetzt wurde:

1904 stand die Herbsttemperatur nur ganz wenig tiefer als die Normaltemperatur, während das Dezembermittel um ein geringes höher war, so daß der Vereisungsbeginn, wie vermutet werden konnte, mit dem normalen zusammenfiel.

1905/06 zeigt sich deutlich der schon früher erwähnte starke Einfluß eines ungewöhnlich kühlen Herbstes in der bereits am 2. Januar beginnenden Vereisung.

[1]) Hierfür sei an dieser Stelle der verbindlichste Dank ausgesprochen.

1906/07 sind Oktober und November über der Normaltemperatur, so daß die Eisbildung erst am 21. Januar beginnt.

Für den Schliersee wurde als Vereisungsbeginn der 14. Dezember ermittelt; auch hier finden wir 1905 infolge des kühlen Herbstes bereits am 1. Dezember den Beginn der Eisperiode, während die warmen Monate Oktober und November 1906 erst am 20. Dezember eine Eisbildung zulassen.

Während für diese beiden Seen die Temperaturbeobachtungen der Station Tegernsee ohne Reduktion verwendet werden konnten, mußte bei den folgenden Tüttensee und Wagingersee auf die ziemlich entfernte Station Traunstein zurückgegangen werden, was vielleicht auf die Genauigkeit der Untersuchung nicht ohne Einfluß geblieben sein mag.

Der normale Vereisungsbeginn für den Tüttensee ist der 23. Dezember. Während die Temperatur der Herbstmonate des Jahres 1904 fast ganz der Normaltemperatur entspricht, zeigt sich der Dezember etwas kälter, so daß zwei Tage vor Normal, am 21. Dezember, die Vereisung beginnt. Da die Herbstmonate 1906 sich etwas über der Normaltemperatur halten, setzt die Eisbildung erst am 26. Dezember ein, ebenso veranlaßt der tiefere Temperaturstand des Jahres 1908 einen Eintritt der Vereisung vor dem normalen Zeitpunkt.

Der Wagingersee, für den der 28. Dezember als normaler Vereisungsbeginn ermittelt wurde, vereiste 1907/08 infolge der warmen Herbstwitterung erst am 3. Januar, während durch den um einige Grade unter Normal verlaufenden November 1908 der Vereisungsbeginn um einige Tage vorgerückt wird. Vergleichen wir dieses Jahr mit 1905/06, so finden wir auch hier wieder den überwiegenden Einfluß der Herbsttemperatur. Oktober 1905 hält sich ziemlich unter Normal, was trotz der etwas höheren Temperatur des November ein um sechs Tage früheres Eintreten der Vereisung veranlaßt; 1908/09 hingegen sind September und Oktober beinahe normal, weshalb auch die tiefere Temperatur des November nur einen um zwei Tage früheren Eintritt der Vereisung zustandebringt.

Betrachten wir weiter den nächst der Station Partenkirchen gelegenen Rissersee, als dessen mittleres Vereisungsdatum der 27. November berechnet wurde, während

die beträchtlich unter Normal stehende Temperatur des Oktober 1905 bereits am 23. November Eisbildung veranlaßte; bei dieser verhältnismäßig geringen Verschiebung ist auch der Einfluß der etwas über Normal stehenden Novembertemperatur bemerkbar. 1906 verursachte die durchgehends höhere Herbsttemperatur eine Verzögerung des Vereisungsbeginnes um nahezu drei Wochen, während die tiefen Temperaturen des Vorwinters 1908 den Vereisungsbeginn 14 Tage vor Normal eintreten lassen.

Wollte man indessen diese Untersuchungen lediglich auf Temperaturmittelwerte beschränken, so könnten sich unter Umständen nicht unwesentliche Ungenauigkeiten einmischen, deren Entstehung durch eine kurze Überlegung leicht erkenntlich wird. Es ist z. B. doch leicht der Fall denkbar, daß im Verlaufe eines Monats auf mehrere Tage mit starker Kälte eine Reihe von Tautagen folgt, die das bereits gebildete Eis wieder vollständig vernichten, deren Temperaturen aber mit denen der Frosttage zusammengestellt ein negatives Mittel ergeben. Im darauffolgenden Jahre möge das Mittel derselben Tage das gleiche, aber dadurch entstanden sein, daß während des untersuchten Zeitraumes ständig ungefähr dieselbe niedrige Temperatur geherrscht habe, also keine Zerstörung und darauffolgende Neubildung der Eisdecke stattfinden konnte, so daß wir hier der Tatsache gegenüberstehen, daß bei ein und demselben See gleiche Temperaturmittelwerte verschiedene Erscheinungen zeitigen. Ein einwandfreies Bild über die Beziehungen zwischen Temperatur und Eisbildung wird also nur eine Betrachtung der täglichen Temperaturen ergeben können.

Zu diesem Zwecke wurden auf Tafel II die Temperaturbeobachtungen der Station Tegernsee während der fünf Winter 1904 bis 1909 graphisch dargestellt, wobei 2 mm der Ordinatenachse 1^0 bedeuten, während 1 mm der Abszissenachse einen Tag darstellt. Die Angaben über die Eisverhältnisse des Tegernsees sind aus den den Pegelbeobachtungen zu St. Quirin beigefügten Notizen entnommen, doch möge bemerkt werden, daß in den beiden letzten Jahren die Beobachtung scheinbar nicht mehr mit derselben Sorgfalt wie früher durchgeführt wurde. Während nämlich in den Wintern 1904 bis 1906 genaue Angaben über Treibeis und lokale Ver-

eisung gemacht wurden, soll der Winter 1908/09 gleich von Anfang an eine geschlossene Eisdecke gebildet haben, was wohl kaum den tatsächlichen Verhältnissen entsprechen dürfte. Auch ist es trotz der verhältnismäßig hohen Temperatur nicht wahrscheinlich, daß im Winter 1907/08 überhaupt kein Eis innerhalb der Ufer des Tegernsees auftrat, wo sich doch im benachbarten Schliersee, dessen Eisverhältnisse wohl einigermaßen als Anhaltspunkt dienen dürften, die Vereisungsdauer vom 3. Dezember bis 16. April erstreckte. In unserem Graphikon ist die jeweilige Eisperiode des Tegernsees durch blaue Farbe angegeben und auch die des Schliersees ist mit einer gewellten Linie eingetragen. Die Mitteltemperatur der einzelnen Monate, die sich aus der Gegenüberstellung der positiven und negativen Flächenwerte der Temperaturkurve ergab, wurde durch eine schwarz gestrichelte Linie kenntlich gemacht.

1904/05 beobachten wir ein allmähliches Abfallen der Lufttemperatur vom September bis November, in welchem Monat zum ersten Male 0° verzeichnet werden. Die letzte Novemberwoche hält sich unter Null, und da auch der Dezember — von drei Tagen abgesehen — keine wesentlichen Wärmegrade mehr aufweist, finden wir im Schliersee am 22. Dezember, zwei Tage nachdem die Lufttemperatur wieder unter Null gesunken, das erste Eis. In dem schwerer gefrierenden Tegernsee mußte erst die zu Beginn des Januar auftretende Frostperiode die Wassermassen stärker durchkälten, ehe es drei Tage nach dem endgültigen Eintreten negativer Temperaturen zur Eisbildung kam.

1905/06 finden sich Kältegrade bereits im Oktober, der überhaupt in diesem Jahr ausnehmend tiefe Temperaturen aufweist. Da auch im November von zwei höheren Thermometerständen abgesehen hauptsächlich Lufttemperaturen von ungefähr 3° auftraten, dürfte im Schliersee die Abkühlung der Wassermassen auf 4° sehr bald erfolgt sein, so daß sich gleich nach der ersten Annäherung des Tagesmittels an 0° im Dezember Eis zeigte, während im Tegernsee erst durch die tiefe Temperatur dieses Monats der völlige thermische Ausgleich herbeigeführt worden sein mag, so daß dann als Reaktion auf die starken Kältegrade der letzten Dezember- und ersten

Januartage stellenweise eine Eisbildung erfolgte. Wohl infolge des Ansteigens der Temperatur über 0° lösten sich die einzelnen Eisflächen wieder in Treibeis auf, um nach dem erneuten Temperaturumsturz der zweiten Januarhälfte wieder zusammenzugefrieren. Die dauernd tiefe Temperatur des Februar endlich veranlaßte die Bildung einer geschlossenen Eisdecke über die ganze Seefläche.

1906/07 sinkt die Temperatur erst im Dezember auf 0°, fällt aber dann rasch tief unter Null, so daß trotz des ziemlich warmen Herbstes im Schliersee bereits am 20. Dezember Eisbildung stattfindet. Im Tegernsee tritt wieder als Folge des Sinkens der Lufttemperatur im Januar teilweise Eisbildung auf, die sich im unmittelbaren Anschluß an die bis —15° betragende Abkühlung in eine vollständig geschlossene Eisdecke verwandelt.

1907/08 verzeichnen wir im September und Oktober sehr hohe Temperaturen, sogar im Dezember hat weitaus die größte Anzahl der Tage ein bedeutend über 0° liegendes Mittel, so daß sich in diesem Jahre im Tegernsee überhaupt keine geschlossene Eisdecke bildete. In Anbetracht der im Januar und Februar vorkommenden nicht unbedeutenden Kälteperioden ist es jedoch ziemlich wahrscheinlich, daß — wie früher schon erwähnt — wenigstens teilweise Vereisung auftrat, weshalb das gänzliche Fehlen von Angaben über Eisbildung wohl auf Ungenauigkeit der Beobachtung zurückgeführt werden darf. Beim Schliersee mögen in diesem Jahre wohl noch andere Faktoren wesentlichen Einfluß ausgeübt haben, da gerade die Betrachtung der täglichen Temperaturmittelwerte eine so frühe Vereisung — 3. Dezember — nicht hätte erwarten lassen.

1908/09 finden wir bereits im Oktober wieder Kältegrade, auch November hält sich nahe dem Gefrierpunkte, so daß kurz nach dem Thermometersturz unter 0° im Dezember die Vereisung des Schliersees beginnt. Im Tegernsee bedingen die tiefen Temperaturen des Januar bei —8,72° am 26. die Bildung der geschlossenen Eisdecke.

Mit der Ermittlung einer Beziehung zwischen Temperaturgang und Eisdicke hat sich besonders v. Cholnoky[1]) beschäf-

[1]) Das Eis des Balatonsees. pag. 29 ff.

tigt, wozu ihm mehrjährige, meist von ihm selbst vorgenommene Beobachtungen am Plattensee ein überaus reichhaltiges Material lieferten. Da die einschlägigen Angaben unserer Fragebogen zu derartigen Untersuchungen leider nicht zu verwenden sind, andererseits aber die Behandlung dieser Beziehungen innerhalb des Rahmens unserer Betrachtung doch wohl erwünscht sein dürfte, sollen im folgenden lediglich die Cholnoky schen Ergebnisse wiedergegeben werden. Zunächst sei vorausgeschickt, daß der Zusammenhang zwischen Lufttemperatur und Eisdicke ein ziemlich komplizierter zu sein scheint, mit dem sich auch Müllner[1]) bereits beschäftigte, ohne zu einem wichtigeren Ergebnisse zu gelangen. Nach Müllner werden sich Änderungen der Lufttemperatur an der Oberfläche des Eises zwar ziemlich rasch bemerkbar machen, indessen an der Unterfläche erst nach einem mit der Tiefe im quadratischen Verhältnisse wachsenden Zeitraum, womit die Zunahme der Eisdicke während einer Zeit, da die Lufttemperatur sich bereits wieder erhöht, eine Erklärung findet. Das Wachsen der Decke wird solange anhalten als das im Inneren des Eises befindliche Kältemaximum noch soviel Kälte an die Unterfläche abgeben kann, daß das anliegende Wasser gefriert.

Nach v. Cholnoky steht mit der „mit entgegengesetztem Vorzeichen genommenen mittleren Tagestemperatur nicht die Dicke des Eises, sondern nur die Zunahme desselben im Verhältnis. Ist die Temperatur niedrig, wächst das Eis an, ist sie dagegen hoch, schmilzt es. Mit einem Worte, die Änderung der Temperatur steht mit der Änderung der Eisdecke im verkehrten Verhältnis. Die Figur der täglichen Mitteltemperaturen ist daher gewissermaßen die Differentiallinie der Eisstärke, das heißt, als könnten wir eine jede Ordinate der Kurve derart erhalten, daß wir in der Figur der Eisstärke Punkt für Punkt den Differentialquotienten berechnen würden.

Wäre die Funktion der Temperatur durch die Gleichung $y = \psi(x)$ ausgedrückt, während für die Eisstärke $\eta = \varphi(\xi)$ stünde, so wäre auf Grund des Vorhergesagten

[1]) Die Vereisung der österreichischen Alpenseen in den Wintern 1894/5 bis 1900/1. pag. 21 ff.

$$-y = \frac{d\eta}{d\xi} C,$$

und C eine noch unbekannte Konstante. Die Gleichung können wir auch umkehren, also ist

$$\eta = \frac{1}{C} \int -y \, d\xi + A,$$

wo die Grenzen der Integrale entweder Anfang und Ende der Vereisung, oder aber jener Zeitpunkt sein könnte, bei welchem das Thermometer im Tagesmittel zuerst unter den Nullpunkt sinkt und die obere Grenze dann nach Bedarf gewählt werden könnte. Wir bemerken nur noch, daß x und ξ in beiden Gleichungen die Zeit darstellen, und sowohl die Temperatur, wie auch die Eisstärke erscheint in der Figur in unserer Betrachtung als die Funktion der Zeit."

Im weiteren Ausbau dieser mathematischen Betrachtung liefert v. Cholnoky den Nachweis, daß die „Integrallinie die getreue Abbildung der Figur der Eisstärke ist", doch veranlaßt ihn der Umstand, daß auch Unterschiede zwischen beiden Bildern auftreten, zu dem Schlusse, daß außer Temperaturschwankungen wohl auch noch andere Faktoren beim Anwachsen der Eisdecke in Betracht zu ziehen seien.

Untersuchen wir den Einfluß der Lufttemperatur auf das Auftauen der Seen, so bieten die vorhin betrachteten Kurven auf Tafel I verschiedene Anhaltspunkte, aus denen ein engerer Zusammenhang zwischen Lufttemperatur und Tauprozeß gefolgert werden könnte. So ist z. B. im Tegernsee, für den der 8. März als normales Ende der Eisperiode ermittelt wurde, im Frühjahr 1907, dessen Temperaturen ziemlich unter Normal liegen, erst am 6. April alles Eis geschmolzen, ebenso im Jahre 1909 erst am 1. April. Im Schliersee, der normal am 11. April auftauen sollte, war in dem durch hohe Temperatur ausgezeichneten Frühjahr 1905 bereits am 28. März die Eisdecke verschwunden; die Frühjahrstemperaturen des Jahres 1906 entsprachen der Normaltemperatur, auch das Auftauen erfolgte zu normalem Zeitpunkte am 12. April; im Frühjahr 1907 endlich trat ebenso wie beim Tegernsee die völlige Auflösung der Eisdecke geraume Zeit nach dem normalen Zeitpunkt ein.

Am Tüttensee hielt sich 1907 die Frühjahrstemperatur nahe der normalen und das Auftauen erfolgte mit dem 19. März einen Tag vor dem normalen Zeitpunkt.

Auch am Wagingersee finden wir 1908 dieses Zusammentreffen, und endlich sei noch der Untersee genannt, an dem die Frühjahrstemperaturen 1905 bedeutend über Normal standen und auch bereits am 15. April das letzte Eis beobachtet wurde, während wir erst den 3. Mai als normalen Tautag ermittelten.

So sehr diese Daten auch dafür sprechen mögen, im selben Sinne wie für den Beginn der Vereisung auch für deren Ende einen ursächlichen Zusammenhang mit der Lufttemperatur abzuleiten, muß doch mit Rücksicht auf die hier besonders häufigen Ausnahmen davon abgesehen werden, wenigstens insoferne, als das Steigen der Lufttemperatur nicht als die Hauptursache des Tauens bezeichnet werden kann. Während wir unter den 19 auf Tafel I untersuchten Kurven keine einzige finden, die sich mit unserer Regel über Lufttemperatur und Vereisungsbeginn nicht deckt, müssen wir bezüglich des Auftauens in nicht weniger als 11 Fällen ein Abweichen von der als normal angenommenen Erscheinung feststellen, was ihre Unhaltbarkeit jedenfalls erweisen dürfte.

In ähnlichem Sinne äußert sich auch Richter[1]), der zwar nicht bei Untersuchung der Eisverhältnisse, sondern bei Betrachtung der allgemeinen Temperaturerscheinungen auf Grund seines Beobachtungsmaterials die Behauptung aufstellt, daß „nicht die Luftwärme es ist, die die Erwärmung der Seefläche bewirkt, sondern nur die Besonnung".

Um den Einfluß genau beurteilen zu können, der durch Bewölkung auf den Gang der Vereisung ausgeübt wird, sind im engsten Zusammenhange mit diesen Beobachtungen auch spezielle Temperaturaufzeichnungen unbedingt notwendig, die indessen von unseren Seen z. Z. noch nicht vorliegen.

Im allgemeinen herrscht die Ansicht, daß bei klarem Wetter eine bedeutend größere Ausstrahlung — besonders Nachts — an der Seeoberfläche vor sich gehe, somit ein größerer und rascherer Wärmeverlust erzeugt werde als bei bewölktem

[1]) Seestudien. pag. 33.

Himmel, eine Annahme, die indessen für unsere Untersuchungen deshalb nicht ohne weiteres aufgegriffen werden darf, weil ja bei klarem Wetter andererseits auch das Maß der Besonnung ein bedeutend größeres ist als bei bewölktem Himmel, somit einer erhöhten Abkühlung durch nächtliche Ausstrahlung häufig verstärkte Wärmezufuhr durch die Sonnenbestrahlung am Tage gegenübersteht. Jedenfalls kann diese Frage nicht allgemein gelöst werden, sondern es ist auf den Stand der Jahreszeiten Rücksicht zu nehmen. In den Herbstmonaten ist unter Umständen sogar noch ein Überwiegen der Erwärmung möglich, während die Wärmekraft der Sonne an klaren Wintertagen die nächtliche Ausstrahlung nicht mehr zu ersetzen vermag. Im Monat März werden sich wohl beide Erscheinungen das Gleichgewicht halten.

Ein starker Einfluß auf den Vereisungsbeginn, verursacht durch wesentliche Beschleunigung der Abkühlung der Wassermassen wird also der Bewölkung im allgemeinen nicht zuzuschreiben sein; nur bei Seen, die erst in den eigentlichen Wintermonaten gefrieren, kann diese Erscheinung durch Fernhaltung weiterer Wärmezufuhr den Gefrierprozeß einigermaßen beschleunigen.

Etwas anders gestalten sich die Beziehungen bei Betrachtung des Einflusses der Bewölkung auf das Auftauen der Eisdecke. Der wesentlichste Faktor für diesen Prozeß ist die Besonnung, die ihrerseits wieder als Funktion der Bewölkung zu betrachten ist, und wir erwähnen lediglich eine allbekannte Tatsache, wenn wir darauf hinweisen, daß der Tauprozeß an warmen, sonnigen Frühlingstagen in bedeutend intensiverer Weise sich bemerkbar macht als bei bedecktem Himmel. Doch ist auch hier wieder zu beachten, daß der starken Besonnung dann meist eine erhöhte nächtliche Ausstrahlung gegenübersteht, die den Fortschritt in der Zerstörung der Eisdecke oft um ein beträchtliches wieder zurückzutreiben vermag. Jedenfalls geben wir die klarste Darstellung des Zusammenhanges zwischen Bewölkung und Vereisungsprozeß, wenn wir uns den Sätzen v. Cholnokys[1]) anschließen:

[1]) Das Eis des Balatonsees. pag. 35.

a) Ist die Strahlung am Eise mit Wärmeverlust verbunden, (Ausstrahlung mehr als Einstrahlung), so ist das Anwachsen des Eises bei klarem Wetter intensiver als bei trübem.

b) Ist die Strahlung am Eise mit Wärmegewinn verbunden (Einstrahlung mehr als Ausstrahlung), so ist das Zerstörungswerk am Eise bei klarem Wetter intensiver als bei trübem.

Von den verschiedenen Arten von Niederschlägen kommt für den Zeitpunkt des Vereisungsbeginns neben Regen hauptsächlich Schnee in Betracht. Es ist ja selbstverständlich, daß Regenwasser, dessen Temperatur tiefer als die des Seewassers ist, in diesem Abkühlung verursacht, doch ist der hierdurch begingte Wärmeverlust wohl meist ein derart geringer, daß kaum eine Verschiebung des Vereisungsbeginnes veranlaßt wird. Anders liegen die Verhältnisse wenn die Niederschläge in Form von Schnee fallen, wobei für den Schmelzprozeß ein unter Umständen immerhin beachtenswerter Teil der im Seebecken aufgespeicherten Wärmemenge verwendet werden muß, wodurch ein je nach Mächtigkeit der Wassermassen mehr oder minder fühlbarer Wärmeverlust entsteht, der besonders bei kleinen Seen den Vereisungsbeginn wohl zu beeinflussen imstande ist. Wesentlich stärker tritt indessen die Wirkung des Schneefalles in Erscheinung, wenn die Abkühlung des Sees bereits soweit fortgeschritten ist, daß auf Grund der Wassertemperaturverhältnisse der Eintritt der Vereisung in nicht zu ferner Zeit zu erwarten wäre. Hier wird sich einerseits der durch Abgabe von Schmelzwärme bedingte Wärmeverlust stärker bemerkbar machen, andererseits stellen auch die zahlreich auf der Oberfläche schwimmenden, noch nicht geschmolzenen Schneepartikelchen äußerst günstige Kristallisationszentren dar, von denen aus der Vereisungsprozeß seinen Anfang zu nehmen imstande ist; da ferner diese Fixpunkte meist über die ganze Wasserfläche verbreitet sind, kann oft durch Schneefall eine überaus rasche Vereisung des gesamten Seebeckens verursacht werden. So meldet z. B. der Beobachter des Krottensees am 11. und 12. Oktober 1905 einen starken Schneesturm, der in kurzem die ganze Seefläche zum Gefrieren

brachte. Auch am Taubensee bei Oberwessen trat am Morgen des 6. Dezember 1906 starker Schneefall auf; am Nachmittage wurde das Wetter klar und trat empfindliche Kälte ein, so daß der oben erwähnte Kristallisationsprozeß beginnen konnte, und am 7. Dezember abends gegen 6 Uhr die das Wasser bedeckende Schneeschicht in leichtes Eis übergegangen war. Am gleichen Tage wird diese Erscheinung von der bei Lechbruck gelegenen Seengruppe: Huttler-, Langenwalder-, Eggle- und Schmuttersee gemeldet, am 8. Dezember vom Bichlersee, ebenso zu Anfang Dezember vom Adlwart- und Fichtsee sowie Ober- und Mittersee bei Faulenbach, in welch letzteren in diesem Jahre überhaupt nur „Schneeeis" von 25—30 cm Mächtigkeit auftrat. Von den Hochseen seien nur Vereinsalpsee sowie die beiden Soiernseen nebst dem Soiensee auf dem Wendelstein erwähnt, die gleich zu Beginn des Winters vollständig verschneit wurden, womit für dieses Jahr die Vereisung ihren Anfang nahm. Eingehende Würdigung findet dieser Vorgang bei Müllner [1], dessen Untersuchungen sich infolge der beigegebenen Temperaturmessungen weit interessanter gestalten als die aus unseren Beobachtungen lediglich ermöglichte Aufzählung der einfachen Tatsachen. So zeigte am Veldesersee am 14. Dezember 1899 das Seewasser eine Temperatur von 4°, womit wohl die verkehrte Schichtung begonnen haben wird. Der See war ruhig, und da infolge des trüben Himmels wohl kaum eine bedeutende Strahlung aufgetreten sein dürfte, ist die am 15. bereits vorhandene Erniedrigung der Seetemperatur auf 2,8° wohl auf den an diesem und dem vorhergehenden Tage aufgetretenen Schneefall zurückzuführen. Am 16. war der ganze See bei einer Wasserwärme von nur mehr 1,6° von einer weichen Schneelage bedeckt, die bis am 21. gefroren war. Am 22. Dezember war der See mit einer 4 cm dicken Eisschicht überzogen.

Wesentlich anders ist die Wirkung des Schnees, wenn er bereits eine fertige Eisdecke vorfindet. Besonders eine frische, flockige Schneeüberlagerung vermag die Ausstrahlung des

[1]) Die Vereisung der österreichischen Alpenseen in den Wintern 1894/5 bis 1900/1; pag. 7.

Eises in hohem Maße zu verhindern, wodurch nicht nur dessen Wachstum gehemmt wird, sondern sogar, wenn sich nur erst eine schwache Eisdecke gebildet hatte, deren gänzliche Zerstörung verursacht werden kann. Da die Schneedecke außer der Ausstrahlung auch noch den Kontakt des Eises mit der kalten Luft unmöglich macht, steht der von unten her wirkenden Wärme des Seewassers kein Wärmeentzug von oben mehr gegenüber, so daß schließlich die im Eise aufgestapelte Kältemenge aufgebraucht und die Eisdecke zerstört wird, eine Erscheinung, die auch von Müllner[1]) am 17. Februar 1895 im Traunsee beobachtet wurde. Indessen ist dieser Vorgang — wie bereits erwähnt — nur bei einer dünnen Eisdecke möglich; hat dagegen das Eis bereits einige Mächtigkeit erlangt, so wird zunächst ein Stillstand des Wachstums veranlaßt. Derartige Meldungen finden sich auch in unseren Fragebogen häufig vorzeichnet. So berichtet der Beobachter des Alpsees bei Füssen, daß im Winter 1904/05 wegen der starken Schneedecke das Eis nur geringe Dicke zeigte. Im selben Jahre bildete der 1754 m hoch gelegene Soiensee auf dem Wendelstein nur 12 cm Kristalleis, weil gleich nach Eintritt der ersten Kälte eine 1 m starke Schneelage den See überdeckte. Der Rissersee zeigte im Winter 1905/06 an schneefreien Stellen 54 cm, an schneebedeckten 35 cm Eisdicke. Die Oberfläche des Kesselsees war häufig verschneit und deshalb in diesem Jahre für Fuhrwerke nicht tragfähig, auch vom Niedersonthofnersee und Alpsee bei Immstadt kam die Meldung, daß durch Schneefälle das Wachstum des Eises beträchtlich beeinflußt wurde.

Wird die Schneedecke durch meteorologische Einflüsse in eine Art Firn verwandelt, so gestaltet sie sich zu einem bedeutend besseren Wärmeleiter, erhärtet durchaus nicht selten vollständig und verstärkt als Schneeis die rein kristalline Eisdecke. Jedenfalls sind die bei unseren Hochseen gefundenen Angaben von Eisdicken von mehr als 1 m häufig in diesem Sinne aufzunehmen, aber auch bei anderen Seen tritt diese Erscheinung des öfteren zutage. Aus den zahlreichen Mel-

[1]) Die Vereisung der österr. Alpenseen . . . . pag. 16.

dungen hierüber sei hier nur der Alpsee bei Füssen genannt, bei dem im Winter 1904/05 auf 15 cm dickem Kristalleis 30 cm starkes Schneeis lagerte, während der Schliersee im selben Jahre auf 15 cm Kerneis eine 60 cm mächtige Schichte Schneeis aufwies. Zum Beweise dafür, daß unter der erhärteten Schneedecke im Gegensatz zur weichen, frischgefallenen sehr wohl ein weiteres Wachstum des Eises stattfinden kann, möge eine Mitteilung vom Seegersee dienen, an dessen Ufer am 3. Januar 1908 unter 5 cm Schneeis 25 cm Kerneis gefunden wurden. Am 16. Januar war die Mächtigkeit dieser Schichte bereits auf 31 cm gestiegen, die Dicke des Schneeises war unverändert geblieben. Am Spitzingsee wurden im Winter 1906/07 vier übereinander lagernde Eisschichten von ungefähr 20 cm Mächtigkeit gefunden, zwischen die je eine Schneeschicht eingelagert war.

Da das Schneeis stets eine körnige, löcherige Struktur besitzt, wird es naturgemäß auch eher dem Tauprozeß verfallen als das echte Seeis, das somit durch eine Schneedecke zunächst vor dem Schmelzen geschützt wird. Da auch das Wasser nicht von den Sonnenstrahlen erreicht wird, vollzieht sich dessen Temperaturerhöhung ungemein langsam, das Eis kommt auf die Temperatur 0^0, wird mürbe und rissig und verschwindet fast stets trotz beträchtlicher Dicke rasch nach dem völligen Schmelzen der Schneedecke, während bei einer nicht durch Schnee geschützten Eisfläche das Auftauen allmählich erfolgt.

Dieser Beleuchtung des Einflusses einer Schneedecke auf den Schmelzprozeß möge sich auch eine kurze Untersuchung der Beziehungen zwischen Regen und Tauvorgang anschließen, wobei uns schon die einfache physikalische Betrachtung, daß bei einer Niederschlagshöhe von 10 mm unter Annahme der Schmelzwärme des Eises zu 80 Kalorien bei $+8^0$ Temperatur des Regenwassers nur eine 1 mm starke Eisschicht geschmolzen wird, zeigt, daß dessen Wirksamkeit sich nicht besonders stark bemerkbar machen wird. Etwas größer ist vielleicht der Einfluß, der dadurch verursacht wird, daß die Regenwasser in die Poren und Risse der Eisdecke eindringen und so zu deren Zermürbung beitragen.

Als letzter der meteorologischen Faktoren käme endlich noch der Wind in seinen Beziehungen zum Werden und Vergehen der Eisdecke in Betracht. Abkühlend und somit den Vereisungsgang beschleunigend wirkt dieser durch Vermehrung der Verdunstung, dagegen tritt er als verzögerndes Moment in Erscheinung, wenn die Durchkältung eines Seebeckens schon weiter fortgeschritten, so daß die Vereisung bereits in wenigen Tagen erwartet werden könnte. Heftige Windstöße verursachen nämlich Strömungen und Wellenbewegungen, die das thermische Gleichgewicht oft bis in bedeutende Tiefen zu stören in der Lage sind, die schon abgekühlten oberen Schichten mit den tieferliegenden warmen vermischen und so den Vereisungsbeginn nicht unwesentlich hinausschieben. Allerdings greift dadurch auch die Durchkältung bedeutend tiefer, als das bei ständig ruhigem Seespiegel der Fall ist, so daß, sobald sich der Wind gelegt hat, eine umso mächtigere Eisdecke entsteht. So überlief nach Geistbeck[1]) der Ammersee nach vorausgegangener Randeisbildung zu Anfang Dezember 1879 in anderthalb Tagen, der Tegernsee in zwei Tagen (20. und 21. Dezember) und zwar war bei letzterem die Eisbildung so stark, daß er bereits am dritten Tage gefahrlos überschritten werden konnte, nachdem starke Auskältung durch Schneefall und heftigen Wind vorausgegangen war. Auch von kleineren Seen, wie Staudhamer- und Seeleitensee melden unsere Beobachter, daß durch plötzlich eingetretene Ruhe nach vorhergegangenem starken Wind stets in kürzester Zeit der ganze See vereist wurde und bei der Meldung vom Schliersee, daß das Wasser bereits zu Anfang November „eisreif" gewesen sei, indessen infolge der Beunruhigung der Seefläche erst anfangs Dezember die Vereisung begonnen habe, ist wohl auch als Ursache der Beunruhigung der Wind anzunehmen.

Auf das Auftauen der geschlossenen Eisdecke wird sich die Windwirkung wohl nur indirekt durch Beeinflussung der übrigen meteorologischen Faktoren bemerkbar machen; zeigt dagegen die Eisdecke bereits Haarrisse und Poren, so kann, ähnlich wie dies eben bei der Wirkung des Regens geschildert wurde, durch starkes Einpressen von atmosphärischer Luft in

[1]) „Die Seen der deutschen Alpen", pag. 367.

diese feinsten Gänge der Eisdecke der Vorgang der Vermorschung beschleunigt werden. Sind endlich bereits offene Stellen im Eise vorhanden, dann ist die zerstörende Wirkung des Windes offensichtlich und allgemein bekannt, indem durch Aufrüttlung der Wasserflächen und Überschwemmen der Eisoberfläche mit wärmerem Tiefenwasser der Zerstörungsprozeß sowohl von der Ober- als Unterseite der einzelnen Eisschollen einsetzen und die völlige Auflösung in wesentlich kürzerer Zeit als bei Windstille bewirkt werden kann. Daß diese Tätigkeit von der Lufttemperatur völlig unabhängig ist, erhellt unter anderem aus Meldungen vom Friedl-, Mittel- und Haarsee, daß die während der Eisgewinnung — also zu einer Zeit, da der Tauprozeß noch nicht begonnen hatte — künstlich geschlagenen Löcher durch einfallenden Wind stets merklich vergrößert wurden; auch vom Ettlissee erfahren wir, daß die bei ruhigem Wetter nur sehr kleine offene Stelle am Zufluß bei Auftreten von Wind sich wesentlich erweitert.

Bisher war von Winden im allgemeinen die Rede, ohne daß eine für unser Gebiet ungemein wichtige Erscheinung erwähnt wäre: der Föhn. Mit der Schilderung dieses in Auftreten und Wirkung oft so großartigen Naturphänomens braucht hier wohl kein Wort verloren zu werden, es sei nur darauf aufmerksam gemacht, daß nach den Erkschen[1]) Untersuchungen „durch Südbayern am Gebirgsfuße hin eine ausgesprochene Zugstraße kleiner Depressionen verläuft, welche das häufige, wenngleich meist nur kurze Zeit dauernde Auftreten von föhnartigem Wetter verursacht". Wir erkennen somit, daß gerade das unserer Untersuchung zugrundeliegende Gebiet stets mit dieser Erscheinung zu rechnen hat, also hier der Tauprozeß wesentlich von meteorologischen Faktoren beeinflußt wird, was wir auch in den verschiedensten Anmerkungen unserer Fragebogen bestätigt finden. Bemerkenswert ist hier eine Mitteilung vom Kochelsee aus dem Winter 1904/05: Am 2. Januar war der ganze See bis auf den Loisachbogen zugefroren; am 5. zerriß der Wind das Eis und warf es am 6. und 7.

[1]) Das Klima von Oberbayern, neuere Beobachtungen auf dem Gebiete der Meteorologie in Oberbayern. Festschrift zur Vers. bay. Landwirte in Rosenheim 1898.

auf das Ufer, doch hatte sich am 14. Januar bereits wieder über den halben See eine 6 cm starke Eisdecke verbreitet. Am Morgen des 16. Januar stieg in der Frühe um ½5 Uhr starker Föhn auf und bereits um 8 Uhr morgens war der ganze See eisfrei. Gerade der Kochelsee scheint besonders häufig vom Föhn heimgesucht zu werden, da hier außer der eben angegebenen Meldung noch verschiedene andere dieser Art zu verzeichnen sind, wobei bemerkenswert ist, daß besonders die erste Eisbildung häufig schon am nächsten Tage dem Föhn zum Opfer fällt. So wurde das am 27. Dezember 1905 gebildete Eis am 28. zerstört, das gleiche geschah am 16. bezw. 17. Januar 1907 sowie am 7. und 8. Januar 1908. Außerdem brach der Föhn am 2. Januar 1906 eine von Kochel bis Schlehdorf sich erstreckende Eisdecke, und endlich am 28. März 1908 wurde durch ihn der ganze See innerhalb zweier Stunden vom Eise befreit. Aber auch von anderen Seen, wie am 12. April vom Ober-, Mittel- und Alatsee wird häufig Föhn gemeldet, doch kann hier wohl, da es sich bei diesen Mitteilungen häufig nur um kleinere, fast unbekannte Becken handelt, die Feststellung der reinen Tatsache genügen, ohne eine Zusammenstellung der einzelnen Namen zu erfordern. Jedenfalls ist auch unter den häufig genannten Südweststürmen, die z. B. am Chiemsee zu Anfang Februar 1909, am Würmsee am 27. Januar 1908 und am Hintersee die ganze Eisdecke zerstörten, Föhn zu verstehen oder ihnen zum mindesten föhnartiger Charakter zuzuschreiben.

Bereits bei Untersuchung der verschiedenen meteorologischen Erscheinungen wurden wir vereinzelt darauf hingewiesen, daß auch lokale Umstände nicht zum geringsten ihre Wirkungen auf die Eisverhältnisse eines Sees auszuüben imstande seien, deren Einfluß im folgenden kurz untersucht werden möge.

In erster Linie kommt hier die Gestalt des Seebeckens in Frage. Der einflußreichste Faktor, die Tiefe der Wanne, ist bereits genügend beleuchtet, so daß hier lediglich die Tatsache im Zusammenhange noch einmal erwähnt sei, während über die Beziehungen von Form und Flächeninhalt des Beckens zu den Eisverhältnissen keine allgemein geltenden Angaben gemacht werden können. Wenn die Mehrzahl unserer größeren

Seen später vereist als kleine, so ist dies eben dem Umstande zuzuschreiben, daß Seen mit großer Flächenausdehnung auch fast ausnahmslos größere Tiefen aufzuweisen haben. Insoferne nur ist die Ausdehnung des Seespiegels von Einfluß, als eine große Fläche starke Wellenbildung begünstigt, was ja nach früherem den Vereisungsbeginn hinauszuschieben vermag, eine Erscheinung, die in ihrer Wirkung noch verstärkt werden kann, wenn wir ein langgestrecktes Becken vor uns haben, dessen Achse ungefähr in der Hauptwindrichtung verläuft. Einen sekundären Einfluß vermag die Gestalt des Seebeckens insofern auszuüben, als Buchten im allgemeinen den Vereisungsbeginn begünstigen, was in ihrer meist geringeren Tiefe und dem häufig veranlaßten Windschutz begründet ist. So meldet der Beobachter vom Chiemsee sowohl im Winter 1907/08 wie 1908/09 den Beginn der Vereisung im Eiterbachwinkel, im Ammersee zeigte sich am 1. Januar 1909 das erste Eis im Fischer- und Grieblwinkel, im Walchensee sind stets die Buchten Ort der ersten Eisbildung. So begann diese am 24. Dezember 1904 in der Walchensee- und Niedernachbucht, am 10. Dezember 1905 im Walchenseewinkel; auch die zweite Decke dieses Jahres entstand am 28. Dezember in den beiden Buchten, endlich zeigte sich am 30. November 1908 das erste Eis im Walchenseewinkel. Auch von kleineren Seen wird diese Erscheinung des öfteren gemeldet, doch kann die Aufzählung der im allgemeinen ziemlich unbekannten Namen wohl unterbleiben.

Eine untergeordnete Bedeutung kann vielleicht auch noch der geologischen Beschaffenheit des Seebeckens zugeschrieben werden, da die besonders bei Schiefer- oder Moorboden zahlreich im Wasser suspendierten Schwebestoffe eine stärkere Erwärmung ermöglichen, als dies bei den klaren Fluten eines Kalksees der Fall ist.

Indirekt, durch Beeinflussung der Wind- und Strahlungsverhältnisse, wird die Umgebung des Seebeckens ihren Einfluß geltend machen, da den See dicht umschließende Berg- oder Höhenzüge wesentlich auf die Tätigkeit der beiden genannten Faktoren einzuwirken in der Lage sind. Besonders bei kleineren Seen fällt die Umgebung oft sehr ins Gewicht, da durch den

von umliegenden Bodenerhebungen verursachten Schatten nicht unbedeutende Teile der Oberfläche für längere oder kürzere Zeit der Besonnung entzogen werden, was natürlich nicht zu unterschätzende Reaktionen auf die Temperatur des Wassers verursacht. Auch dieser Einfluß ist bei unseren Seen häufig bemerkbar, und es lassen sich auf diese Weise so manche scheinbare Unstimmigkeiten der Tabelle II erklären. Wenn z. B. der 35 m tiefe Eibsee nur einen Tag nach dem um 10 m seichteren Untersee vereist und erst neun Tage nach diesem völlig eisfrei wird, ist wohl die Ursache nur in der starken Beschattung des Eibsees an seiner Südwestseite zu suchen. Dasselbe finden wir beim Rissersee, der, obwohl 2 m tiefer als der Pflegersee, bereits drei Tage vor diesem vereist. Stärker noch tritt der Einfluß der Umgebung auf den Vereisungsbeginn beim Thumsee in Erscheinung, dessen eine Hälfte den ganzen Vormittag im Schatten liegen soll. Obwohl dieser See eine um 35 m größere Tiefe aufzuweisen hat als der nächstgelegene Listsee, tritt für ihn der Vereisungsbeginn um 10 Tage früher ein als für das letztgenannte Becken. Jedenfalls ist auch die lange Vereisungsdauer des Hintersees in der Ramsau dadurch zu erklären, daß seine Oberfläche von November bis März bis Mittag der Sonne entbehrt. Dieselbe Erscheinung finden wir beim Frechensee, dessen sämtliche Nachbarbecken, wie Garten-, Ur-, Gröben-, Lust- und Stechsee bei einer mittleren Vereisungsdauer von 14 Wochen am 12. Dezember zu vereisen und gegen den 19. März aufzutauen pflegen, während der Frechensee, dessen Ost- und Westseite stark beschattet ist, mit dem 18. November bezw. 25. März bis auf eine 18-wöchige Eisperiode kommt. Endlich sei noch der Abtsdorfersee erwähnt, der trotz seiner 70 m Tiefe schon am 23. Dezember vereist und erst am 16. März auftaut gegenüber dem 27,5 m tiefen Wagingersee, für den als Vereisungstermin der 28. Dezember, als Tauzeitpunkt der 13. März ermittelt wurde. Auch vom Tachingersee wird gemeldet, daß die Vereisung stets am höher gelegenen Ostufer beginnt, das sowohl der Wirksamkeit der Sonne als des Windes hindernd entgegentritt. Wenn endlich noch die Meldung vom

Egglesee angeführt wird, daß seine Westseite von hohem Wald umgeben sei, weshalb sich hier immer das stärkste Eis finde und auch am spätesten das Auftauen beginne, so dürfte der Einfluß der Umgebung auf die Eisperiode genügend beleuchtet sein.

Auch Art und Größe der Zuflüsse, sowie durch diese oder andere Erscheinungen veranlaßte Strömungen dürfen bei dieser Betrachtung nicht außer acht gelassen werden. Zunächst könnte durch Zuflüsse eine bedeutende Abkühlung und somit Beschleunigung des Vereisungsganges insoferne erwartet werden, als ja zu der Zeit, da die indirekte Schichtenstellung in unseren Seen im allgemeinen beginnt, die Temperatur der fließenden Gewässer bereits niedriger als die des Seewassers ist, wodurch der Vereisungsbeginn beschleunigt werden müßte. Dem steht indessen die allgemein bekannte und auch von unseren sämtlichen Beobachtern gemeldete Tatsache gegenüber, daß die Einflußstellen stets am spätesten vereisen, ja sehr häufig sich überhaupt nicht schließen. Suchen wir die Erklärung hierfür in der durch das Einfließen verursachten Bewegung, die sich ja bekanntlich der Bildung von Eiskristallen hindernd entgegenstellt, so erkennen wir auch in dieser Erscheinung die Kompliziertheit des ganzen Vereisungsvorganges und ersehen, wie ein und dieselbe Ursache — hier das einströmende kalte Wasser — zugleich beschleunigend und hemmend auf den Vereisungsprozeß einwirken kann. Da im Frühjahr die Temperatur der fließenden Gewässer sich rasch der Lufttemperatur nähert, somit besonders ein kleines Becken eine verhältnismäßig große Wärmezufuhr erleidet, wird — wenigstens für minder große Seen — von einer Beschleunigung des Tauvorganges durch Zuflüsse gesprochen werden können, die noch durch vom Zufluß etwa veranlaßte Strömungen insofern erhöht wird, als einerseits ein Zusammentreiben der einzelnen Schollen gegen den Ausfluß hin und andererseits eine raschere Durchwärmung der abgekühlten Schichten stattfindet.

Auf diese Vorgänge wird wohl am häufigsten in unseren Fragebogen aufmerksam gemacht, es seien hier indessen nur einige derjenigen Becken herausgegriffen, bei denen sich ständig größere eisfreie Flächen am Ein- oder Auslauf zeigen; so am

Kleinsee bei Immenstadt 300 qm, am unteren Inselsee 60—100 qm, am Niedersonthofnersee eine Strecke von 200 m Länge, am Hintersee in der Ramsau am Einlauf der drei Quellbäche 1700 qm. An anderen Seen überziehen sich zwar diese Stellen während der größten Kälte, aber nur so schwach, daß die Decke höchstenfalls von Fußgängern betreten werden kann; auch tritt beim geringsten Witterungsumschlag sofort wieder die freie Wasserfläche zutage wie z. B. am Hackensee, Huttlersee und anderen kleineren Becken. Das prägnanteste Beispiel für die Einwirkung eines Zuflusses bietet uns indessen wieder der Kochelsee, dessen Eisverhältnisse vom Loisachdurchfluß wesentlich berührt werden. Meistens hält sich an der Mündung im sogenannten „Warmsee" eine offene Stelle von ungefähr 800 m Länge und 500 m Breite; am Auslauf betragen diese Dimensionen ungefähr 200 bezw. 100 m, während der ganze Durchfluß lange Zeit in einer Breite von 30—60 m offen bleibt. Selbstverständlich sind diese Maße je nach den Temperaturverhältnissen Variationen unterworfen, besonders der Loisachbogen friert fast regelmäßig in der zweiten Hälfte des Januar wenigstens für kurze Zeit ganz zu. Im Jahre 1905 war diese Strecke sogar vom 25. Januar bis 5. März vollständig überlaufen. Das Auftauen des Sees beginnt stets, sofern es nicht, was ja sehr häufig der Fall ist, durch Föhn verursacht wird, am Loisachdurchfluß. Jedenfalls mit dieser Durchströmung in Zusammenhang zu bringen ist auch die Erscheinung, daß sich alljährlich nach Angabe des Beobachters ein „starker Schub" bildet, d. h. das Eis bricht in dieser Richtung und schiebt sich übereinander, so daß die aufgestauten Schollen eine weithin sichtbare Linie bilden. Leider fehlen bis jetzt noch nähere Schilderungen des ganzen Vorganges, so daß vorläufig auf seine Untersuchung nicht weiter eingegangen werden kann.

In viel ausgeprägterem Maße als die bis jetzt behandelten oberirdischen vermögen unter Umständen die unterirdischen Zuflüsse die Eisverhältnisse zu beeinflussen. Gerade in unserem Gebiete ist auf diese Erscheinung besonderes Augenmerk zu richten, da eine nicht geringe Anzahl unserer Beobachter das Vorhandensein unterirdischer Quellen meldet. Da sich nun

bekanntlich die Anteilnahme des Quellwassers an den Temperaturschwankungen der Jahreszeiten nach der Höhenlage ihres Entstehungsbeckens richtet, ist es leicht ersichtlich, daß je nach Mächtigkeit und Tiefe des Ursprungs der zugeführten Wassermassen ganz erhebliche Abweichungen im Wärmehaushalt eines solchen Sees von dem seiner Nachbarbecken hervorgerufen werden, sei es durch Verzögerung des Vereisungsbeginnes und Beschleunigung des Tauprozesses oder durch völlige Verhinderung der Bildung einer Eisdecke. Ganz offensichtlich ist diese Erscheinung bei dem bereits früher erwähnten Kitzsee, dem Halmsee, dessen südwestliches Drittel stets eisfrei bleibt und dem Brunnensee, der überhaupt nur zu einem Drittel seiner Fläche vereist und auch hier so schwach, daß das Eis nicht betreten werden kann. Beim Fohnsee, der trotz einer Tiefe von 23 m um 10 Tage später vereist als der 37 m tiefe Ostersee, bedingen wohl nur seine Quellen dieses gegen unsere erstabgeleitete Regel verstoßende Verhalten und bei dem als äußerst „flüssig" bezeichneten Moosberg- und Thalersee, ebenso wie bei der fast nie gefrierenden Stelle im Würmsee bei Schloß Berg darf wohl dieselbe Ursache vermutet werden. Sehr häufig ist die Meldung über Kelchbrunnen (Kühlbrunnen, Köchbrunnen), die sich in mehr oder minder großer Anzahl als Löcher oder schwache Stellen im Durchmesser von ½ m und darüber in der Eisdecke bemerkbar machen, besonders schön im Höglwörthersee, Klostersee und Froschsee, bei welch letzterem sie sich mit zunehmender Kälte mit sehr schönem „Glatteis" überziehen.

Endlich seien hier noch der Baadersee, Fügsee und Förchensee erwähnt, die wohl infolge äußerst starken Zudranges von Quellwasser überhaupt nie vereisen. Während sich im Fügsee höchstens am Rande 2—3 cm Eis bilden, zeigt der Förchensee bei Ruhpolding im Sommer eine Temperatur von 8° bis 9°, im Winter von 4° bis 5°.

Überblicken wir nun noch einmal die Reihe der so verschiedenartigen Erscheinungen, die den Vereisungsgang unserer Seen zu beeinflussen imstande sind, so drängen sich vor allem drei Faktoren in den Vordergrund, deren Wirkung unter allen

Umständen die gleiche bleibt: Die Tiefe des Seebeckens, deren Zunahme stets eine Verzögeruug des Vereisungsbeginnes bedingt; der Gang der Lufttemperatur, deren Sinken immer eine Beschleunigung der Eisbildung — zeitlich oder räumlich genommen — verursacht, deren Steigen dieses Datum hinauszuschieben und auch — mit Beschränkung — das Auftauen herbeizuführen vermag; endlich der Föhn, dieses gewaltige Naturphänomen, das auch den mächtigsten Eispanzer, dessen Entstehung mehrere Monate beanspruchte, oft im Verlaufe weniger Stunden vollständig vernichtet. Während Bewölkung, Niederschläge und horizontale Gestaltung des Seebeckens nur bedingungsweise einen nennenswerten Einfluß ausüben können, stellen endlich Umgebung und Zuflüsse vor allem bei kleineren Seen nicht zu unterschätzende Faktoren in dem so verwickelten Wechselspiele der den Vereisungsgang beschleunigenden oder verzögernden Kräfte dar.

V. Die Eisdecke.

In den vorausgehenden Abschnitten hatte sich bereits des öfteren Gelegenheit geboten auf einzelne Erscheinungen der Bildung und des Vergehens der Eisdecke hinzuweisen, so daß es wohl genügen dürfte, wenn im folgenden im Zusammenhange nur noch ein kurzer Rückblick über den allgemeinen Entwicklungsgang des Seeises gegeben wird. Forel[1]) unterscheidet und schildert zwei verschiedene Bildungsarten: bei ruhiger und bei bewegter Wasserfläche, denen wir nach unseren Beobachtungen noch als dritten Typus das „Schneeis“ anreihen wollen.

Wie jede Kristallisation, nimmt auch die Eisbildung ihren Ausgang von festen Körpern, von denen hauptsächlich an den Ufern über die Wasserfläche hervorragende Felstrümmer, Schilfrohr, Treibzeug oder künstliche Einbauten in Betracht kommen. Hier bilden sich zuerst kleine, auf der ruhigen Oberfläche schwimmende Nadeln, die ungefähr Winkel von 30°, 60°, 90° und 120° miteinander einschließen und aus ganz

[1]) La congélation des lacs suisses et savoyards dans l'hiver 1891. pag. 50 ff.

durchsichtigem kompakten Eise bestehen. An diese Nadeln setzen sich im weiteren Verlaufe kleine Verästelungen an, die unter sich durch zarte Blättchen verbunden sind und so die ersten zusammenhängenden — allerdings ungemein kleinen — Eisflächen bilden. Ist der Wärmeverlust genügend groß um eine weitere Fortsetzung der Nadel- und Blättchenbildung zu ermöglichen, dann gelangen wir auf diese Weise zu einer größeren zusammenhängenden, zunächst noch sehr dünnen Eisdecke von großer Härte und Sprödigkeit und wenn weiterhin noch die Besonnung des der Eisbildung folgenden Tages nicht mehr die nötige Mächtigkeit erlangt, um die Decke zu zerstören, so verdickt sich das Eis in der folgenden Nacht von unten her und die Vereisung ist vollzogen.

Dieser erste von Forel mit „congélation lamellaire continue" bezeichnete Typus ist der am häufigsten auftretende und dürfte auch an unseren Seen wohl stets die Eisbildung veranlaßt haben.

Außer diesem litoralen hat Geistbeck[1]) auch pelagiales, reines Seeis in unseren Alpenseen beobachtet, „dünne, glasartige Platten, oft in einem Umfange von vielen Hektaren, die übrigens nur selten in geschlossene Verbindung mit dem Randeise treten, sondern meistenteils von den ersten Wellenschlägen eines sanften Morgenwindes zertrümmert werden."

Wesentlich anders gestaltet sich der Vorgang bei stark bewegter Wasserfläche, indem sich die erstgebildeten Eisnadeln zu Schollen zusammenballen, die in gegenseitigem Anprallen ihre Ränder abschleifen und so allmählich Kreisform erhalten (pan-cakes, glaçons gateaux). Abgestoßene sowie neugebildete Eisnadeln werden durch die Bewegung des Wassers auf den Rand der Schollen geschleudert und bilden hier einen rings herumlaufenden Eiswall, dessen Gewicht die Scholle tiefer ins Wasser drückt, so daß innerhalb des Walles eine Wasserfläche von einigen Millimeter Mächtigkeit vortritt. Das weitere Anwachsen vollzieht sich hier außer an der Unterseite wie bei ruhigem Wasser auch an der von kaltem Wasser

[1]) Die Seen der deutschen Alpen. pag. 367.

überspülten Oberfläche und durch Anschießen neuer Eisnadeln an den Seiten; kommt die Bewegung des Wassers zum Stillstand, so gefrieren die einzelnen Schollen rasch aneinander und bilden eine zusammenhängende Eisdecke. Natürlicherweise ist diese Art der Eisbildung an ziemlich durchkältete, größere Seen gebunden, die starken Wellenschlag hervorzubringen imstande sind. Von den in den Rahmen unserer Abhandlung gehörenden Seen konnte dieser Typus nur von Müllner[1]) im Bodensee nachgewiesen werden, während eine eigens zu diesem Zwecke an unsere Beobachter gerichtete Anfrage bis jetzt überall eine verneinende Beantwortung erfuhr.

Die dritte Art der Eisbildung durch Schneefall ward bereits früher eingehend geschildert, so daß sie lediglich des Zusammenhangs halber hier nochmals erwähnt sei.

Hat sich nun auf irgend eine der eben kurz skizzierten Arten die Seefläche mit Eis überzogen, so erfolgt — abgesehen von der bereits früher erwähnten Verstärkung durch verharschten Schnee — das weitere Anwachsen durch Dazufrieren von unten in stärkerem oder schwächerem Maße je nach Fallen oder Steigen der Lufttemperatur. Da indessen eine Ausstrahlung des unter der Eisdecke lagernden Wassers so gut wie gar nicht stattfindet, ist der Abkühlungsvorgang hauptsächlich auf Leitung durch die Eisschicht hindurch beschränkt, wodurch er wieder von der Oberflächentemperatur und der Dicke des Eises abhängig wird. Je stärker die Eisdecke, desto geringer wird der in der Zeiteinheit erfolgende Zuwachs, woraus zu folgern sein dürfte, daß für die Mächtigkeit des Seeises eine obere Grenze besteht. Wenn sie von Stefan[2]) für den arktischen Winter auf Grund eingehender mathematischer Untersuchungen auf 2 m festgesetzt, und wenn ferner von Holmsen[3]) berichtet wird, daß in dem sehr strengen Winter von 1899/1900 die größte Eisdicke am Daemmevatn mit

. . .

[1]) Die Vereisung der österr. Alpenseen . . . pag. 10.

[2]) Über die Theorie der Eisbildung, insbesondere über die Eisbildung im Polarmeere.

[3]) Isforholdene ved de norske indsjøer. pag. 231.

1,9 m beobachtet wurde, dann dürfte damit unsere frühere Vermutung, daß bei den von unseren Hochseen angegebenen ziemlich beträchtlichen Eisstärken auch Schneeis mit eingerechnet sein wird, genügend begründet erscheinen.

Zusammenhängende Serien über Eisdicken besitzen wir zur Zeit von unseren Seen noch nicht, lediglich vom Notzenweiher liegen aus den Wintern 1905/06 und 1906/07 ausgedehntere Beobachtungen vor, doch können genauere Untersuchungen über den Gang des Anwachsens in vertikaler Richtung hieran leider nicht angeknüpft werden, da Temperaturaufzeichnungen hierzu unbedingt notwendig wären.

Entwicklung der Eisdecke im Notzenweiher.

Winter 1905/06		Winter 1906/07		
Tag der Messung	Eisdicke in cm	Tag der Messung	Eisdicke in cm	
15. Nov.	3	3. Dez.	15	
17. Dez.	10	8. Dez.	21	
18. Jan.	18	12. Dez.	22	
25. Jan.	10	27. Jan.	32	
27. Jan.	16	4. Febr.	36	
12. Febr.	21	10. Febr.	38	
16. März	14	15. Febr.	42	
—	—	25. Febr.	46	
—	—	4. März	48	(im südlichen Teil)
—	—	4. März	55	(im nördlichen Teil)

Die drei Beobachtungen im Dezember 1906 könnten vielleicht im Hinblick darauf, daß in den ersten fünf Tagen ein Zuwachs von 6 cm zu verzeichnen ist, während in den nächsten vier Tagen die Dicke sich nur um 1 cm erhöht, als Nachweis für die mit zunehmender Stärke eintretende Verzögerung des Wachstums betrachtet werden, da indessen die zugehörigen Temperaturerscheinungen nicht bekannt sind, kann auf diese Angaben nur eine Vermutung, keine Behauptung begründet werden.

In unseren Fragebogen finden sich sonst nur Angaben über die Dicke des Eises am Ufer und in Seemitte. Da diese

Aufzeichnungen indessen großenteils nur auf Schätzungen beruhen, auch Angaben über den Zeitpunkt, zu dem die Beobachtungen vorgenommen wurden, sowie Temperaturangaben nicht beigefügt sind, kann ihnen kein besonders großer Wert zuerkannt werden, weshalb hier auch nur die an den bekannteren Seen beobachteten Eisdicken angegeben werden sollen.

Staffelsee

	Eisdicke in cm	
	am Ufer	in Seemitte
1904/05	—	31
1905/06	25—28	25
1906/07	25	30
1907/08	—	—
1908/09	32—45	32—45
Durchschnitt	30—40	

Schliersee

	Eisdicke in cm	
	am Ufer	in Seemitte
1904/05	15, (75)	(63)
1905/06	6—8	15—18
1906/07	(32)	(56)
1907/08	15	15
1908/09	34	34
Durchschnitt	15—20 (50—60)	

(Die eingeklammerten Zahlen bedeuten die Eisdicke unter Einrechnung des Schneeises.)

Kochelsee (Schlehdorf)

	Eisdicke in cm	
	am Ufer	in Seemitte
1904/05	18	10
1905/06	20	12
1906/07	24	18
1907/08	21	16
1908/09	30	—
Durchschnitt	15—20	

Kochelsee (Kochel)

	Eisdecke in cm	
	am Ufer	in Seemitte
1904/05	25—30	25—30
1905/06	25—28	25—28
1906/07	15—20	—
1907/08	25—30	25—30
1908/09	22, (29)	—
Durchschnitt	25—30	

Chiemsee

	Eisdicke in cm	
	am Ufer	in Seemitte
1904/05	—	—
1905/06	—	—
1906/07	15—16	10—12
1907/08	14	10—12
1908/09	10—12	—
Durchschnitt	10—15	

Ammersee

	Eisdicke in cm	
	am Ufer	in Seemitte
1904/05	ca. 20	—
1905/06	—	—
1906/07	28	15
1907/08	—	—
1908/09	12	—
Durchschnitt	15—20	

Würmsee

	Eisdicke in cm	
	am Ufer	in Seemitte
1904/05	8	1,5
1905/06	6—7	2—3
1906/07	3—4	3—4
1907/08	10	7—8
1908/09	4—6	4—6
Durchschnitt	15—20	

Walchensee

	Eisdicke in cm	
	am Ufer	in Seemitte
1904/05	20—25	—
1905/06	28—30	—
1906/07	30	20—30
1907/08	20	ca. 3
1908/09	25	10—12
Durchschnitt	20—30	

Es dürfte vielleicht nicht ohne Interesse sein, den oben festgesetzten Mittelwerten die von Geistbeck[1]) angegebenen Eisstärken gegenüber zu stellen, wobei indessen von einer näheren Kritik der beiden Reihen wohl Abstand genommen werden dürfte, da einerseits nicht bekannt ist, ob Geistbeck nur rein kristallines Eis oder auch Schneeis in Rechnung gezogen, andererseits aber unseren Beobachtungen keine unbedingte Zuverlässigkeit zugesprochen werden darf, wie besonders aus den ziemlich voneinander abweichenden Angaben der beiden Beobachtungsstationen des Kochelsees ersichtlich ist.

In der folgenden Gegenüberstellung finden sich links die Angaben Geistbecks:

Staffelsee:	20—30 cm	30—40 cm
Schliersee:	30—40 „	15—20 „ (50—60) „
Kochelsee:	40—50 „	20—25 „
Ammersee:	50—60 „	15—20 „
Chiemsee:	50—70 „	10—15 „

Leider sind wir nicht in der Lage, über Spaltenbildung, Pressungen, Eisschübe, Seebrüllen und ähnliche Erscheinungen der geschlossenen Eisdecke näheres mitzuteilen, da die in unseren Fragebogen enthaltene Rubrik „Sonstige Bemerkungen des Beobachters“ fast ausnahmslos unausgefüllt blieb. Abgesehen von dem bereits erwähnten Eisschub am Kochelsee liegt nur vom Pfeffersee bei Chieming eine Mitteilung aus dem Winter 1906/07 vor, des Inhalts, daß sich kurz nach

[1]) Die Seen der deutschen Alpen. pag. 371.

dem Zufrieren des Sees unter der Eisdecke an vielen Stellen Gasblasen bildeten. Wurde das Eis aufgeschlagen, dann konnte das ausströmende Gas zu einer schönen blauweißen Flamme entzündet werden. Wenn diese Erscheinung auch mit den Eisverhältnissen nur in ziemlich losem Zusammenhange steht und wohl von dem rein lokalen Vorkommen von Sumpfgas abhängig ist, so schien doch die nicht gerade alltägliche Tatsache erwähnenswert, umsomehr als auch Breu [1]) vom Tegernsee eine ähnliche Erscheinung meldet, wo das Eis zuweilen von unten aufsteigende Gase und Erdöle in flaschenähnlichen Blasenräumen umschließt.

Wenn wir uns nun nach diesem allgemeinen Überblick über die Entwicklung der Eisdecke noch kurz mit ihrem Auftauen beschäftigen, haben wir zunächst unser Augenmerk auf die Strukturveränderung des Eises zu richten. Da die mit der kalten Luft in Berührung stehende Oberfläche des Eises eine bedeutend tiefere Temperatur besitzt als die vom Wasser bespülte untere Seite, wird sich die Oberfläche bedeutend zusammenziehen, und als Endergebnis dieses Vorganges bilden sich langgestreckte, prismatische, nach Forel [2]) den Basaltsäulen ähnliche Körper — Eiskerzen —, die dem Auge dann am besten erkenntlich werden, wenn man einen Block aus der Eisdecke herausschneidet, längere Zeit der Sonne aussetzt und dann mit einem kräftigen Schlag zertrümmert. Je mehr sich der Winter seinem Ende nähert, desto merklicher tritt diese von der Sonnenbestrahlung begünstigte Strukturveränderung in Erscheinung. Die gegen Ende des Winters bereits ziemlich merkliche Sonnenwärme schmilzt nun vor allem die in den Spalten zwischen den einzelnen Kerzen befindlichen Eisteilchen, während der nächtliche Frost das so entstandene Schmelzwasser wieder zum Gefrieren bringt, wodurch im ständigen Wechsel der beiden Erscheinungen eine vollständige Vermorschung der Eisdecke eintritt, ohne daß gerade eine wesentliche Verminderung ihrer Dicke notwendig mit diesem Vorgang verbunden sein müßte. Auf diesen Vermorschungsprozeß ist es jedenfalls

[1]) Der Tegernsee. pag. 182.

[2]) La congélation des lacs suisses et savoyards dans l'hiver 1891 pag. 54.

zurückzuführen, wenn eine am Kirchsee am 28. März 1905 noch 35 cm starke Eisdecke bereits am 4. April vollständig verschwunden war. Häufig geht indessen mit der Strukturänderung ein Abschmelzen an der Ober- und Unterfläche Hand in Hand, und wenn erst die nächtliche Abkühlung den Gefrierpunkt nicht mehr erreicht, bilden sich bald Stellen, an denen das Wasser zutage tritt, das dann im Verein mit den früher erwähnten meteorologischen und lokalen Faktoren die Eisdecke in oft überraschend kurzer Zeit vollständig zerstört, wie ja überhaupt der ganze Tauprozeß sich in wesentlich kürzerer Zeit als der Vereisungsvorgang abspielt; da das bei letzterem am meisten wirksame Moment, die Tiefe des Beckens, hier außer Wirksamkeit gesetzt wird. So war beispielsweise der Abtsdorfersee, der am 5. März 1905 noch mit schweren Lasten befahren wurde, bereits am 10. ganz eisfrei, auch der Schliersee, am 12. April 1908 noch völlig vereist, zeigte bereits am 16. eine vollständig offene Wasserfläche.

Schließlich sei im Anschluß an den allgemeinen Überblick über Werden und Vergehen der Eisdecke auch noch des Frühjahrseises kurz gedacht, jener Eisdecke, die häufig in einer klaren Vorfrühlingsnacht noch entsteht, nachdem das winterliche Eis längst verschwunden war. Die Erklärung für diese Erscheinung ist darin zu suchen, daß zu dieser Zeit die direkte Schichtung noch nicht eingetreten, höchstenfalls die ganze Wassermenge auf annähernd 4^0 erwärmt ist, somit die oberste Wasserschicht leicht unter 0^0 abgekühlt und zum Gefrieren gebracht werden kann. Den kräftigen Strahlen der Mittagssonne fällt dann stets die ganze Decke wieder zum Opfer. Auch in unseren Fragebogen finden sich hierüber einige Angaben, so vom Alatsee, auf dem sich am 31. März 1905 noch einmal eine 1 cm starke Eisdecke bildete, am Bichlersee gegen Ende April, nachdem bereits am 14. April alles Eis abgeschmolzen war. Am Walchensee war am 2. Mai 1907 im Walchenseewinkel eine ungefähr 1 ha große Fläche einen halben Tag lang überlaufen, endlich wurde auch vom Würmsee, aus dem am 27. Februar 1906 die winterliche Eisdecke verschwunden war, gemeldet, daß sich in sternenklaren Nächten zwischen dem 19. und 25. März im unteren

See häufig Eisdecken in Stärken von ½ bis 1 cm bildeten, die indessen am Mittag des folgenden Tages wieder verschwunden waren.

VI. Untersuchung der Äquiglacialen und Schlußbemerkungen.

Bereits zu Beginn der vorliegenden Abhandlung hatte sich bei Nennung der einschlägigen Literatur Gelegenheit geboten auf die von Rijkatschew[1]) und den verschiedenen skandinavischen Forschern konstruierten Äquiglacialen hinzuweisen, welche die Darstellung eines anschaulichen Bildes des ganzen Vereisungsganges bezwecken. Vor allem Rijkatschews Kurven verdienen wohl das größte Interesse, nicht nur wegen der bedeutenden, sämtliche stehenden und fließenden Gewässer Rußlands umfassenden Ausdehnung, sondern mehr noch wegen der meist auf mehrere Dezennien, ja in vereinzelten Fällen sogar auf 100 Jahre zurückgehenden Beobachtungsdaten. Daß bei derartig vollkommenen Materialien die ermittelten Kurven ungemein klare Bilder ergeben, ist selbstverständlich. Während die Kurvenrichtung bei Rijkatschew in grober Annäherung sich an die Parallelkreise anlehnt, also vor allem die geographische Breite der untersuchten Gewässer ins Gewicht fällt, zeigt sich bei den über ein bedeutend kleineres Gebiet sich erstreckenden skandinavischen Arbeiten neben dieser Erscheinung auch die klimatische Einwirkung des Meeres und der Höhenlage.

So finden wir bei Cronvall[2]) die früheste Vereisung nördlich des Bottnischen Meerbusens nächst dem Tornea Elf im Inneren des Landes, bei Holmsen[3]), der nur Kurven gleichen Tauzeitpunktes berechnet, die Kurve des spätesten Aufganges (20. Juni) auf den Höhen des Kjølen-Gebirges zwischen 67° und 69° nördlicher Breite, während die Kurven des frühen Auftauens im allgemeinen der Küste, d. h. dem Golfstrom parallel laufen. Dabei ist noch zu beachten, daß die

[1]) a. a. O., vgl. Günther, Handb. d. Geophysik, II, Stuttg. 1899, S. 490.
[2]) Isförhållandena i Sverige under vintrarna 1871/72 och 1872/73..
[3]) Isforholdene ved de norske indsjøer.

in den schwedisch-norwegischen Kurven immerhin noch erkennbare Regelmäßigkeit insoferne schon als eine erzwungene bezeichnet werden kann, als hier nicht wie bei Rijkatschew die vorhandenen Daten einfach in die Karte eingetragen und gleiche Punkte miteinander verbunden wurden, sondern die Kurven dadurch entstanden, daß immer für mehrere Seen in Gebieten annähernd gleichen klimatologischen Charakters aus den bereits berechneten Durchschnittsdaten ein weiterer Mittelwert gebildet wurde, der dann erst zur Konstruktion der Kurven diente.

Diese Schilderungen lassen bereits erkennen, daß der Versuch derartige graphische Darstellungen auch für die Seen des südlichen Bayern zu entwerfen, auf erhebliche Schwierigkeiten stoßen mußte. Eine Einteilung des Gebietes in verschiedene Distrikte war wegen der geringen Flächenausdehnung und der verhältnismäßig geringen Anzahl wirklicher Seen im Gegensatz zu den zahlreichen Weihern an und für sich ausgeschlossen, da dieses Verfahren wegen der oft nur zweijährigen Beobachtnng zunächst noch zu große Willkürlichkeiten mit sich gebracht hätte. Andererseits können auch die klimatischen Verhältnisse abgesehen von den Hochgebirgslagen im allgemeinen so ziemlich die gleichen genannt werden, so daß lediglich lokalen Erscheinungen, vor allem der Tiefe, der größte Einfluß auf den Vereisungsgang unserer Seen zuzuschreiben sein dürfte. Andererseits zeigen auch die horizontalen Abmessungen der verschiedenen Becken die denkbar möglichste Mannigfaltigkeit, was wiederum erschwerend auf die Bestimmung der Vereisungsdaten einwirkt, da für einen kleinen See eine bedeutend geringere Wahrscheinlichkeit für Irrtümer besteht als für einen großen, der nicht nur schwer zu überblicken sein wird, sondern auch an verschiedenen Teilen zu verschiedenen Zeiten zu vereisen und aufzutauen beginnt, wie sich besonders deutlich aus den sehr voneinander abweichenden Angaben der zwei Stationen vom Kochelsee erkennen läßt. Wenn schließlich noch in Erwägung gezogen wird, daß bei der Berechnung von Durchschnittsdaten das Ergebnis für diejenigen Seen, bei denen eine längere Beobachtungsreihe vorliegt, viel eher richtig sein wird als bei anderen, somit eine

Gruppierung der Seen auch wegen des ziemlich lückenhaften Beobachtungsmaterials untunlich erschien, dürfte der Entschluß, die Äquiglacialen zunächst so zu zeichnen, wie sie sich durch unmittelbares Eintragen in die Karte ergaben, wohl als berechtigt anerkannt werden.

Im allgemeinen wird also der Verlauf unserer Kurven scheinbar willkürlich, d. h. stark von lokalen Umständen beeinflußt sein, immerhin läßt sich aber doch bereits aus diesem ersten Versuch einige Gesetzmäßigkeit erkennen.

Betrachten wir Tafel III, die uns über den Beginn der Vereisung Aufschluß gibt, so zeigt sich zunächst von Immenstadt bis Partenkirchen ein deutlicher Parallelismus der Kurven für die zweite Hälfte des November sowie die Vereisung des Dezember derart, daß mit zunehmender Entfernung vom Gebirge der Vereisungsbeginn sich verzögert. Dieselbe parallele Anordnung finden wir von Partenkirchen bis Reichenhall in den Kurven für die erste bezw. zweite Hälfte des November; auch die Verbindungslinie der Seen mit der ersten Dezemberhälfte als Vereisungsdatum zeigt im allgemeinen die Tendenz sich der west-östlichen Richtung anzupassen, da die starken Ausbiegungen nach Norden lediglich dem Umstande zuzuschreiben sind, daß auch kleine Becken wie Eichsee, Mooshamersee usw. infolge des Verzichtes auf die Bildung lokaler Mittelwerte die Kurvenrichtung wesentlich beeinflussen können. Bei der Kurve der zweiten Dezemberhälfte, die sich vom Wörthsee zum Staffelsee und über die Buchten des Walchensees zum Kochelsee wendet, erkennt man deutlich die Einwirkung der Tiefe des Seebeckens, ebenso wie ihr weiterer Verlauf durch die lokalen Verhältnisse der besonders in der Gegend von Wasserburg am Inn reichlich mit unterirdischen Quellen gespeisten Seebecken bedingt ist.

In noch weit höherem Maße machen sich bei den Kurven gleicher Tauzeit störende Einflüsse geltend, bei denen das stufenweise Fortschreiten des Tauzeitpunktes von der Ebene zum Gebirge lediglich in der Loisach-Isargegend einigermaßen erkenntlich ist, während der übrige Lauf trotz vorkommender Parallelismen ein ziemlich chaotischer genannt werden muß. Jedenfalls ist der nicht besonders befriedigende Gang dieser

Kurven lediglich auf Mängel des Beobachtungsmateriales zurückzuführen, da ja beim Auftauen der Eisdecke im Gegensatz zum Gefrieren fast ausschließlich klimatische Faktoren bestimmend sind, somit hier der regelmäßigste Verlauf der Linienzüge zu erwarten gewesen wäre.

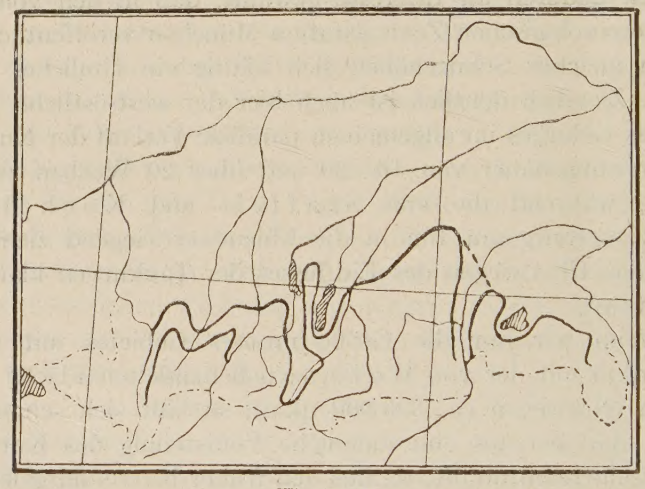
Wie zu vermuten war, halten die Kurven gleicher Vereisungsdauer, die ja als Funktionen der beiden ersten zu betrachten sind, ungefähr die Mitte zwischen den oben genannten. Besonders von Immenstadt bis zum Lech findet sich im Verlaufe der Kurven ziemliche Ähnlichkeit mit denen der Tafel III, die noch dadurch an Interesse gewinnt, daß in den von der Kgl. Meteorologischen Zentralstation München veröffentlichten Kurven gleicher Schneehöhen sich häufig ein ähnliches Bild findet. Ziemlich deutlich ist auch hier der west-östliche, dem Zuge des Gebirges im allgemeinen parallele Verlauf der Kurven für Vereisungsdauer von 16—20 und über 20 Wochen zu erkennen, während die von Staffel- und Kochelsee über Wasserburg am Inn in die Chiemseer Gegend ziehende Kurve das Überwiegen des Einflusses der Taukurven klar zur Schau trägt.

Wenn wir nur die Größe unseres Gebietes mit rund 20 000 qkm mit der von Holmsen behandelten Fläche vergleichen (Norwegen ca. 320 000 qkm), so läßt sich schon erkennen, daß bei uns eine ziemliche Verästelung des Kurvenverlaufs eintreten mußte, da aus den früher bereits dargelegten Gründen jedes einzelne Becken in die Karte einzutragen und als ein Punkt der zu konstruierenden Kurve zu behandeln war. Aber trotzdem läßt sich aus diesem ersten Versuche bereits erkennen, daß nach Ablauf einiger Jahre, wenn das vorhandene Beobachtungsmaterial größere Sicherheit für Richtigkeit der berechneten Mittelwerte bietet, ein ziemlich klares, von dem jetzigen vielleicht in manchen Punkten etwas abweichendes Bild sich erwarten läßt. In diesem Sinne kann auch wohl unser Versuch nicht als gänzlich mißlungen bezeichnet werden.

Vergleichen wir endlich unser Ergebnis mit den bereits erwähnten Kurven gleicher Schneehöhen, die ebenfalls ohne Reduktion in die Karte eingetragen wurden, so überrascht uns häufig die große Ähnlichkeit der beiden Darstellungen. In

beistehender Skizze zeigt uns die größere der beiden Kurven die Grenze der Schneebedeckung in der ersten Hälfte des November 1905. Nördlich der Kurve ist schneefreies Land, während das südlich von ihr gelegene Gebiet Schneehöhen verschiedener Mächtigkeit aufweist.

Um das kleine Bildchen durch Überladung nicht unübersichtlich zu machen, wurde von der Eintragung der verschiedenen Schneehöhen Umgang genommen; lediglich die Grenze der 10 cm Schneehöhe zwischen Iller und Lech wurde noch zur Darstellung gebracht, da sie sicher als gute Gegenüberstellung zu dem



Figur 10.

auch aus unserer Tafel III in diesem Gebiet ersichtlichen Parallelismus der Kurven angesprochen werden kann.

Vergleichen wir die Schneekurven mit unseren Kurven gleichen Vereisungsbeginnes, so erkennen wir zunächst als gemeinsame Erscheinung der beiden Bilder das Aufsteigen von der Iller weg nach Nordosten, den für kurze Zeit annähernd west-östlichen Verlauf zwischen Iller und Wertach und endlich den Abfall nach Südosten in der Richtung gegen Füssen. Auch die bei der Kurve für die erste Hälfte des Dezember vorhandene Einsattelung nach Süden im Lech-Ammergebiet ist in der Schneekurve zwar nicht sehr stark entwickelt, aber doch leicht erkenntlich. Ungemein charakteristisch ist bei beiden Linien-

zügen die starke Ausbuchtung nach Süden zwischen der oberen Ammer und der Loisach, endlich noch die zungenförmige Einzwängung der Kurve zwischen Ammer- und Würmsee. Der Vereisungskurve für die zweite Hälfte des Dezember entspricht dann der weitere Verlauf der Schneekurve in der südlichen und östlichen Umfassung des Würmsees, sowie in dem nach Nordosten gerichteten Fortschreiten bis in die Gegend von Wasserburg am Inn. Durch das Inntal ist hier natürlicherweise eine Unterbrechung verursacht, die bei den Vereisungskurven in Wegfall kommt; wenn indessen in Anlehnung an die geologischen „Luftsättel" der Inn in der durch die gestrichelte Linie angedeuteten Weise überschritten wird, ist die Verwandtschaft der verglichenen Kurven in der den Chiemsee umfassenden Ausbuchtung und endlich mit dem nach Südosten gegen Reichenhall zu gerichteten Abfall unzweideutig erwiesen. —

Wir sind am Ende unserer Betrachtung angelangt. Wenn es schließlich auch gelungen sein dürfte, die allbekannten Einflüsse der Tiefe des Beckens und der Lufttemperatur auf den Gang der Vereisung auch für unsere südbayerischen Seen nachzuweisen, so mußte doch bei Untersuchung der übrigen lokalen und meteorologischen Erscheinungen ein strenger, nicht zu bezweifelnder Nachweis leider des öfteren unterlassen werden, da eben die hierzu unbedingt notwendigen Beobachtungsmaterialien zur Zeit noch nicht vorlagen. Wir haben erkannt, daß jeder See in gewissem Sinne als Individuum eigenster Art aufgefaßt und untersucht werden muß, wollen die innersten Zusammenhänge der seine Eisverhältnisse beeinflussenden Faktoren wirklich völlig klar dargelegt werden.

Im Hinblick darauf ist es nur zu wünschen, daß die in unserem Beobachtungsmaterial und somit auch der vorliegenden Abhandlung noch vorhandenen nicht unbedeutenden Lücken, deren Auffindung mit ein wesentlicher Zweck unserer Untersuchung war, durch in den kommenden Jahren erweiterte Beobachtungen sehr viel mehr ausgefüllt werden mögen, damit den zahlreichen unser Thema behandelnden Veröffentlichungen des Auslandes auch aus unserem engeren Vaterlande ebenbürtige Untersuchungen gegenübergestellt werden können.